Ensino de ciências e matemática III

contribuições da pesquisa acadêmica a partir de múltiplas perspectivas

Fernando Bastos
(org.)

ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA III

CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA ACADÊMICA A PARTIR DE MÚLTIPLAS PERSPECTIVAS

FERNANDO BASTOS (ORG.)

Ensino de Ciências e Matemática III

FERNANDO BASTOS
(ORG.)

Ensino de Ciências e Matemática III

CONTRIBUIÇÕES DA PESQUISA ACADÊMICA A PARTIR DE MÚLTIPLAS PERSPECTIVAS

Cultura Acadêmica

Praça da Sé, 108
01001-900 – São Paulo – SP
Tel.: (0xx11) 3242-7171
Fax: (0xx11) 3242-7172
www.editoraunesp.com.br
feu@editora.unesp.br

CIP – Brasil. Catalogação na fonte
Sindicato Nacional dos Editores de Livros, RJ

E52
v.3

Ensino de ciências e matemática III : contribuições da pesquisa acadêmica a partir de múltiplas perspectivas / Fernando Bastos (org.). – São Paulo : Cultura Acadêmica, 2010.
214p. : il.

Inclui bibliografia
ISBN 978-85-7983-086-0

1. Ciência – Estudo e ensino (Pós-graduação). 2. Matemática – Estudo e ensino (Pós-graduação). 3. Professores de ciência – Formação. 4. Professores de matemática – Formação. I. Bastos, Fernando.

10-6449. CDD: 507
CDU: 5(07)

Este livro é publicado pelo Programa de Publicações Digitais da Pró-Reitoria de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP)

Asociación de Editoriales Universitarias de América Latina y el Caribe

Associação Brasileira de Editoras Universitárias

Sumário

Apresentação

O livro *Ensino de Ciências e Matemática III: contribuições da pesquisa acadêmica a partir de múltiplas perspectivas*, publicado pela Cultura Acadêmica Editora, tem como objetivo comunicar e oferecer ao debate alguns resultados recentes da produção de pesquisa do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da UNESP, vinculado à Faculdade de Ciências do Campus de Bauru (SP). Assim, reúne, para acesso de pesquisadores, professores e estudantes, nove relatos oriundos de trabalhos de mestrado, doutorado, pós-doutorado e similares, desenvolvidos no referido Programa e passíveis de contribuir para a discussão e o encaminhamento de uma série de questões atuais do Ensino de Ciências.

A preparação deste livro iniciou-se com a chamada e seleção preliminar de propostas que fornecessem os textos para os diversos capítulos.

Fui incumbido de uma parte desse trabalho, e desde logo ficou evidente a variedade de temáticas e abordagens que vinham sendo enfatizadas pelos pesquisadores que enviavam seus relatos para análise.

Um primeiro critério para selecionar o material destinado a integrar o presente volume foi buscar textos cuja abordagem favorecesse *discussões de caráter geral*, isto é, discussões sobre o ensino escolar e questões sociais e culturais, sobre pesquisa em educação em ciências e sobre metaquestões que se levantam a partir das análises da história e da epistemologia das ciências naturais. Alguns textos se enquadraram melhor nessa ideia e foram então separados,

ao passo que textos com outras características foram examinados tendo em vista a composição de um outro volume dessa mesma série, intitulado *Ensino de Ciências e Matemática IV*. Cabe notar que esse critério de separação foi usado de forma mais ou menos flexível, porque os trabalhos recebidos permitem discussões em direções diversas, e nossa intenção era somente a de favorecer o estabelecimento de relações entre diferentes propostas incluídas, e não a de demarcar rigidamente os campos de debate.

Conforme progrediu a análise dos textos submetidos, ficou claro o interesse que os pesquisadores vinculados ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência vinham demonstrando em estabelecer um diálogo com questões prementes do mundo atual. Assim, dentre os temas que eram destacados nos textos apresentados, figuraram os avanços recentes da Biologia Celular e Molecular, a bioética, a visão de mundo da Biologia Evolutiva, os desafios que a ciência contemporânea coloca para a educação escolar, a inclusão de alunos portadores de deficiências, a formação para a cidadania, a alfabetização científica, a contribuição das abordagens que visam integrar conhecimentos das ciências naturais e conhecimentos das ciências humanas (recorrendo, por exemplo, ao estudo das relações CTSA e a aspectos da História e da Filosofia da Ciência), etc. Pareceu-me então que um vínculo possível para a reunião de alguns desses trabalhos era sua visível preocupação em focalizar *discussões atuais* que podem ter uma série de consequências para a educação escolar.

Além desse traço de contemporaneidade, o conjunto dos trabalhos submetidos evidenciava a variedade dos enfoques teórico-metodológicos empregados na pesquisa em educação em ciências, através de propostas que focalizaram, por exemplo, a implantação de novas linhas de pesquisa na área, as contribuições de vertentes filosóficas e antropológicas para a pesquisa em ensino, o potencial investigativo de desenhos metodológicos fundamentados na análise do comportamento, as contribuições de teorias cognitivas como subsídios para a pesquisa, o uso da epistemologia da ciência como referencial organizador da análise de dados, etc. Essa diversidade

de abordagens e métodos parecia enriquecer a compreensão dos objetos de estudo, pois mostrava diferentes facetas dos mesmos. Assim, um outro viés pelo qual se tornava interessante a reunião de uma parte considerável dos trabalhos recebidos era a possibilidade de estimular a discussão sobre *perspectivas da metodologia de pesquisa*.

Tendo em vista tais ideias, constituídas ao longo do processo de organização da obra – e que se referiam à proposta de fornecer material propício a discussões *de caráter geral, vinculadas a questões atuais e favoráveis ao debate sobre perspectivas da metodologia de pesquisa* –, um conjunto de trabalhos foi gradativamente selecionado e sequenciado, originando, para o livro, a estrutura que descrevo a seguir.

O capítulo 1, intitulado "Ensino de Ciências e pós-modernidade: as novas questões propostas pela Genética", destaca uma série de questões que se levantam para o ensino escolar a partir dos avanços recentes em Biologia Celular e Molecular (Projeto Genoma, clonagem, organismos transgênicos, etc.) e suas implicações para diferentes âmbitos da vida humana, levando em consideração discussões atuais que se travam nos campos da Filosofia, da Sociologia e da Antropologia.

O capítulo 2 está constituído pelo trabalho "Bioética e ensino: o que pensam os alunos do ensino médio sobre as pesquisas com células-tronco embrionárias?", no qual a discussão dos avanços recentes da Biologia Celular e Molecular é feita em relação a dados de pesquisa que se mostram interessantes para compreender a formação e o trabalho do professor de Ciências e Biologia.

No capítulo 3, "Ensino de Física e Ciências para alunos com deficiência visual e outras deficiências: processo de implantação de nova linha de pesquisa", é apresentada e analisada uma série de dados relativos à constituição de uma linha de pesquisa que cresceu e estruturou-se significativamente nos últimos anos e que tem por objetivo compreender e gerar/aperfeiçoar propostas para um ensino de ciências (Física, Biologia, etc.) direcionado a alunos com deficiências de diversas naturezas. O texto mostra, entre outros aspectos,

o desenvolvimento de equipes de pesquisadores, questões de estudo e referenciais teóricos que são próprios dessa área.

O capítulo 4, "Possíveis contribuições metodológicas da fenomenologia de Merleau-Ponty às pesquisas em educação em ciências", envereda por uma interessante discussão das características atuais e perspectivas futuras da metodologia da pesquisa em educação em ciências, recorrendo a fundamentação teórica pertinente buscada no campo da filosofia.

O capítulo 5, intitulado "Os indicadores de alfabetização científica nos anos iniciais do ensino fundamental e o uso da história em quadrinhos como recurso didático em Ciências", é também de grande interesse para debates sobre metodologia da pesquisa, já que mostra de que forma uma abordagem de investigação estruturada segundo os princípios da análise do comportamento permite o acompanhamento de diferentes aspectos do processo de aprendizagem em Ciências nos anos iniciais do ensino fundamental. Esse capítulo também contribui, dentro da proposta do livro, para o debate mais amplo e atual referente ao papel da escola na alfabetização científica dos alunos.

No capítulo 6, "Tensões e possibilidades expressadas por professores de Ciências em exercício sobre a abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente", é feita uma interessante discussão, baseada em dados de pesquisa, a respeito de como os professores de Ciências enxergam e discutem as possibilidades e dificuldades associadas ao trabalho em aula com temas que promovam entre os alunos o conhecimento e o debate das relações entre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente.

O capítulo 7, "Concepções de professores de Biologia a respeito da diversidade dos seres vivos: uma análise considerando o desenvolvimento histórico das ideias evolucionistas", apresenta e discute os resultados de uma investigação que utilizou aportes da epistemologia da Biologia para analisar as manifestações e concepções de um grupo de docentes da escola básica a respeito de vários fenômenos estudados pela Biologia Evolutiva. Nesse processo buscou-se verificar se o pensamento dos professores é estruturado em bases

científicas ou apresenta-se mesclado com outras concepções, quer de base religiosa, quer ligadas ao conhecimento cotidiano. Discute-se também até que ponto as visões manifestadas pelos professores poderiam criar obstáculos para o trabalho em aula.

O capítulo 8, intitulado "Formação de novas zonas do perfil epistemológico bachelardiano: alguns resultados de uma pesquisa baseada nas etapas da conscientização e familiarização", relata uma investigação sobre as contribuições de conteúdos de História da Ciência para a construção de conceitos em Física (eletromagnetismo). Estudantes de um curso superior de licenciatura em Física – portanto futuros professores da escola básica – participaram de um curso extracurricular em que foram apresentados e debatidos conteúdos ligados a textos e experimentos históricos na área de eletromagnetismo, e uma análise foi feita da aprendizagem conceitual obtida por esses estudantes, utilizando-se como referências a ideia bachelardiana de perfil epistemológico e algumas categorias da psicanálise.

De modo semelhante, o capítulo 9, "Contribuições de um texto histórico de fonte primária para a aprendizagem significativa da Lei de Coulomb", também focaliza o uso da História da Ciência em atividades de um curso superior de licenciatura em Física, relatando e discutindo uma série de dados de pesquisa originários de programações de ensino em que futuros professores de Física estudaram e debateram textos de fonte primária ligados ao desenvolvimento histórico da Lei de Coulomb. Essa pesquisa foi conduzida a partir de fundamentação proporcionada pela teoria ausubeliana da aprendizagem significativa, buscando verificar se os aportes originários da História da Ciência contribuíram para a construção de subsunçores pelos graduandos em Física.

Essa foi a proposta do livro que ora apresentamos ao leitor, e com ele esperamos poder oferecer uma pequena contribuição aos debates e pesquisas sobre educação em ciências.

Fernando Bastos
junho de 2010

1
Ensino de Ciências e pós-modernidade: as novas questões propostas pela Genética

Claudio Bertolli Filho[1]

O progresso das ciências e das artes contribuirá para purificar ou para corromper os nossos costumes? Esta interrogação foi lançada no século XVIII pelos filósofos iluministas e atualizada por Boaventura de Sousa Santos (2001, p.7) como um dos grande dilemas da pós-modernidade. As avaliações das ciências e da tecnologia como promotoras de um presente e de um futuro mais seguro e funcional contrapõem-se a observações pessimistas que, tomando como exemplo o desenvolvimento da Física Atômica, postula que os conhecimentos científico-tecnológicos estão mais preparados para destruir do que para redimir a humanidade (Giddens, 2002, p.109-10).

Entre uma e outra perspectiva, percebe-se na pós-modernidade a busca por um diálogo que realça as dúvidas, receios e dilemas éticos gerados pelas ciências e pelos produtos tecnológicos. Esse

1. Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação/Campus de Bauru. Docente do Departamento de Ciências Humanas e do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência. Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências. *e-mail:* cbertolli@uol.com.br.

movimento ensejou a constituição da "modernização reflexiva", a qual se empenha em colocar em discussão pública os pilares das instituições e saberes vigentes, detendo-se nas possíveis consequências éticas e utilitárias para o presente e para o porvir da adoção das ideias legitimadas pelas ciências e dos produtos tecnológicos (Beck, 1997, p.167).

Nesse sentido, a sociedade pós-moderna também pode ser avaliada como uma sociedade que busca a lógica de controle das situações e, especialmente, das inovações tecnológicas (Beck, 2002, p.214). Os atores sociais empenham-se, com isto, em não só se inteirarem das mais recentes produções científicas, mas também em avaliá-las, utilizando para tanto as "opiniões" não só dos cientistas, já que estes são tendencialmente colocados sob suspeita, mas também de outros personagens públicos de destaque, mesmo – e talvez sobretudo – aqueles que não estão atuando diretamente no setor científico que está sendo questionado; posição que supostamente lhes conferiria maior isenção e clareza de ideias, inclusive porque se servem de um vocabulário mais afeito ao público leigo.

Refletindo as condicionantes culturais da pós-modernidade, os professores tendem a, no período de formação acadêmica, pouco entrarem em contato com as questões éticas e possíveis riscos na adoção de ideias científicas e produtos tecnológicos que, de regra, são mostrados como necessários e eficientes para a fluidez da vida cotidiana. Assim, se a formação dos docentes tem sido tradicionalmente realizada a partir de um modelo de "racionalidade técnica", começou-se a propor a substituição desse modelo pelo de "racionalidade prática", na qual o professor é entendido, segundo Piconez (1991, p.110), como um profissional autônomo que deve refletir, questionar e tomar decisões sobre os conteúdos que ensina, não se descurando de confidenciar aos alunos as dúvidas, incertezas e conflitos de valores que perpassam a aplicação dos conhecimentos científicos e suas ramificações tecnológicas.

Esta última postura situa o ensino de ciências como uma prática que objetiva ser bem mais do que a transmissão de conhecimentos,

somando a isto uma postura criativa porque crítica. Para tanto, os conhecimentos científicos e pedagógicos ganham sentido mais abrangente a partir do momento em que são articulados com uma multiplicidade de questões socioculturais, econômicas, políticas e éticas (Marandino, 2003, p.175). Fala-se, pois, em um "neo-humanismo educacional" que, em uma de suas pontas, busca promover uma série de valores que inclui o empenho docente em apresentar-se como *pessoa* e instigar os alunos a assumir o mesmo papel, isto é, posicionar-se como seres reflexivos, portadores de um conhecimento que supera os limites da técnica para alcançar o patamar do social, avaliando em termos amplos o conhecimento e seus produtos tecnológicos (Carvalho, 1992).

Tal procedimento encontra, porém, um obstáculo: a falta de acesso relativamente fácil e claro a informações ou posicionamentos éticos sobre as novidades científicas. Pesquisas como a de Almeida (1993), assim como conversas informais com professores atuantes no ensino fundamental e médio, deixam claro que os manuais didáticos apresentam as aquisições científicas recentes e posicionamentos críticos de forma superficial, enquanto os artigos especializados, além de acesso mais difícil, mostram-se na sua maioria pouco compreensíveis para a maior parte dos docentes. Assim, tanto para o professor quanto para a sociedade abrangente, o caminho mais viável para a inteiração sobre as recentes descobertas científicas encontra-se nos produtos gerados nos meios massivos de comunicação, especialmente os jornais diários e os programas de televisão.

Tomando-se como exemplo os novos conhecimentos gerados no âmbito da Biologia Celular e da Biologia Molecular, ouviu-se em pesquisa ainda em fase de realização (Bertolli Filho, 2009) cerca de meia centena de leigos de diferentes formações, inclusive professores de diversas disciplinas, sobre o que conheciam acerca do que se convencionou considerar a área da Genética. Todos eles tinham o que dizer, asseverando que "sabiam" algo sobre o tema mediante o consumo de produtos midiáticos ou ainda devido a conversas

com outras pessoas (familiares, amigos ou alunos) que, por sua vez, afirmaram ter entrado em contato com o assunto através dos meios de comunicação. É significativo também ressaltar que, a partir dos mesmos diálogos, soube-se que tais informações eram invocadas em sala de aula por aqueles que eram docentes, buscando com isto não só atualizar os conteúdos programáticos, mas também estimular o espírito crítico dos alunos.

Essa indicação, em um primeiro momento, sugeriria que os textos produzidos no campo do jornalismo científico seriam o caminho mais óbvio para a atualização de todos aqueles interessados em se inteirar dos novos conhecimentos científicos e da Genética em particular. Isto, porém, não parece o caminho correto a ser trilhado. A produção do jornalismo científico brasileiro, se comparada com a dos Estados Unidos, parece bem mais voltada para a exposição das "conquistas" científicas recentes, enfatizando o lado positivo dos novos conhecimentos e relegando a um opaco segundo plano, ou simplesmente omitindo, um olhar mais crítico, enquanto os jornalistas norte-americanos primam por ressaltar em seus textos as dimensões políticas e éticas do que é proposto pelos cientistas, estendendo-se no enfoque das possíveis consequências sociais da adoção das novas tecnologias e, nesse sentido, resistem à noção de uma "verdade científica" inquestionável (Reis, 2008).

A escassez de posturas críticas no âmbito do jornalismo científico não significa que, em especial os jornais impressos, não busquem refletir sobre o que as ciências propõem como novidades. Tomando-se como objeto de estudo o jornal paulistano *Folha de S. Paulo,* uma pesquisa buscou analisar como um diário enfocou o assunto referente à decifração do genoma humano, avaliando-se os textos publicados no período de 1994 a 2005 (Bertolli Filho, 2010). A opção pelo estudo desse jornal deveu-se à circunstância de ele servir já há mais de duas décadas como um modelo midiático imitado por grande número de impressos diários nacionais, inclusive na operação que limita as páginas destinadas exclusivamente ao jornalismo científico para noticiar o que está acontecendo, e des-

locando as possíveis críticas favoráveis ou contrárias às novidades científicas para outros cadernos.

Este artigo enfoca a seguir o conteúdo de algumas matérias opinativas referentes aos conhecimentos gerados no âmbito do que se convencionou denominar de "Nova Genética". Alguns desses artigos foram assinados pelos repórteres que trabalhavam no jornal analisado, mas a maior parte dos textos foi gerada por representantes das mais diferentes instituições nacionais e internacionais, sendo que todos eles não atuavam no campo da Genética, mas sim em outros setores, como as Ciências Sociais e Filosofia ou então ocupavam posições na burocracia política ou no comando de empresas. Acrescenta-se ainda que, na pesquisa anteriormente mencionada (Bertolli Filho, 2009), vários depoentes informaram que leram tais artigos e inclusive os utilizavam em suas falas públicas, alguns deles em sala de aula.

Os textos opinativos

A importância conferida aos temas científicos e seus desdobramentos sociais ensejou que, no decorrer de entrevistas motivadas pelos mais diversos assuntos, os jornalistas alterassem momentaneamente o rumo da conversa para questionar o entrevistado sobre como ele se posicionava acerca dos novos conhecimentos científicos, tendo-se como exemplo o que corriqueiramente ocorreu com os depoimentos registrados na seção "Entrevista de 2ª", constante no caderno Mundo. Com esse recurso, o jornal favoreceu o contato com uma multiplicidade de posturas individuais sobre questões que tempos antes eram exclusivas da órbita dos pesquisadores científicos.

Nessas oportunidades, foi grande o número de referências aos termos mais conhecidos da Biologia. As menções ao DNA, aos genes e ao genoma humano pareciam ser uma estratégia adotada pelos articulistas, jornalistas e entrevistados para criar a sensação de cooptação com os valores da pós-modernidade e sua produção científica, tornando-se uma espécie de regra constitutiva da cultura geneto-

cêntrica, inclusive em momentos que certamente causavam estranhamento ao leitor.

Acima de tudo, tal como propunha o diário paulistano em termos idealísticos, era necessário conhecer e debater os trabalhos executados pelos cientistas, porque o que estava sendo arquitetado nos laboratórios também estava promovendo uma ruptura sem precedentes nos quadros da história e da cultura. No mesmo dia em que se noticiou a identificação de mais dois genes "determinantes" da ocorrência do câncer, uma dupla de psicanalistas assinou um artigo, sintomaticamente intitulado "Era uma vez... já não é mais", sobre a questão da paternidade e a nova posição do agrupamento familiar no rol das relações sociais contemporâneas; no texto, os autores fizeram uma rápida, porém incisiva, referência à Genética: "na atualidade, a última palavra pertence ao DNA", relegando tal declaração a um plano incerto, deixando ao leitor decidir se eles estavam se referindo à problemática da paternidade ou à existência humana em geral (Jerusalinski & Tavares, 1994).

Desde que as questões nutridas pelo genoma humano e pelo essencialismo biológico tornaram-se referências praticamente obrigatórias nas entrevistas e nos artigos de tendência opinativa, foram frequentes as menções que admitiam o fato de "nós sermos nosso genoma", ou, como sugeriu burlescamente David Zingg (1999), o comportamento humano "pode bem estar codificado no nosso genoma, dada a forma automática com que ocorre". No mesmo sentido, o jornalista Luís Nassif, além de enfatizar que a biotecnologia estava dando origem a uma "nova economia", recheou muitos de seus artigos com referências ao DNA e ao genoma, ensinando, dentre outras coisas, que as grandes endemias que historicamente têm abatido o Brasil poderiam ser extintas mediante o sequenciamento genômico de seus agentes biológicos causais e que a "medicina genética", a um só tempo, elevaria o tempo médio de vida e faria cair pela metade o número de cirurgias. Isto porque, segundo ele, os clínicos iriam atuar sobre "o gene causador de doença" mediante a "transformação ou substituição quando ele [o gene] for defeituoso, inclusão em caso de ausência" (Nassif, 1998 e 2003).

Convocado para entrevista para discorrer sobre o processo democrático nacional, o jurista Goffredo Telles Júnior, após ter declarado seu "encanto com a descoberta do DNA pelos biólogos", foi questionado por um jornalista com a pergunta: "O sr. teme algum desastre provocado pela manipulação da engenharia genética?". Em resposta, o advogado mostrou-se cauteloso:

> Preocupo-me muito com isso. A humanidade precisa tomar cuidado. Esse capítulo da ciência moderna exige uma manipulação cheia de sabedoria. Descobriu-se que o que se considera consciência livre do ser humano depende em parte de uma predisposição do patrimônio genético. (Natali, 1999)

Fascinação pelo novo e também receio pelo que as ciências e a tecnologia poderiam causar tornaram-se elementos centrais de várias matérias que, de regra, recitavam os presumíveis benefícios e declaravam os possíveis riscos de um saber que tendia a reduzir total ou parcialmente o homem aos seus atributos genéticos. Certamente por isso, tornou-se corriqueiro nas páginas da *Folha* o leitor deparar-se com textos que buscavam encontrar um eixo equilibrado entre as seguranças prometidas e os perigos potenciais que as ciências apresentavam. O advogado Gerardo de Mello Mourão (1998) escreveu que os "cientistas sabe-tudo", alusão que englobava os geneticistas deterministas, eram tão "reacionários" quanto aqueles que negavam as recentes descobertas da genômica, ressaltando os riscos de aceitação acrítica de uma ciência dogmática. O psicanalista Contardo Calligaris (1996), por sua vez, asseverou que, se o cérebro estava sendo analisado pela perspectiva da bioquímica, isto não poderia implicar a redução das emoções humanas ao nível do exclusivamente biológico.

As apregoações antideterministas mesclavamse com projeções sobre o porvir, variando entre observações que, numa ponta, vislumbravam o alcance de grau máximo da perfectibilidade corporal e espiritual humana e, em outra, um cenário de catástrofes que poderia colocar a existência da espécie humana no caminho da sua

própria extinção. Nesse ritmo, vários intelectuais comunicaram suas projeções – ou fantasias –, que, a partir das novidades geradas pelas ciências, expunham estruturas culturais fomentadas ao longo da história e que reapareceram em sua plenitude, atualizadas pelas questões suscitadas pela Genética.

Durante uma entrevista, o filósofo Jacques Derrida pontificou que a cultura, a língua, o simbólico e "nem mesmo a morte" estavam inscritos no genoma (Nascimento, 2001), ao passo que, em um artigo, o também filósofo Francis Fukuyama alertou para o fato de a recorrência aos novos suportes biotecnológicos incorrer no "risco de desencadear consequências imprevistas" que poderiam "solapar a própria base dos direitos democráticos iguais" (Fukuyama, 2002). O teórico da cultura Paul Virilio, por sua vez, também no curso de uma entrevista, anunciou que, no contexto de seguidas guerras, "está a caminho" a produção de uma "bomba genética [...] capaz de modificar o genoma e operar mudanças na raça humana" (Não há mais..., 2003).

Se muitos dos articulistas ou entrevistados mostraram-se favoráveis a uma postura que combinava o genético, o social e o individual na explicação da "natureza humana", outros empenharam-se em denunciar a ocorrência de uma "colonização genética", que, ao reduzir a existência humana aos seus limites biológicos, realimentava e atualizava as bases de uma cultura anti-humanista. Aventou-se então, em termos weberianos, a ocorrência de um "segundo desencantamento do mundo", que, ao rejeitar as experiências sensíveis, estava alimentando um novo "irracionalismo" sob a égide das ciências e da tecnologia.

Nesse sentido, os autores de uma série de artigos mostraram-se perplexos diante da hipótese da existência de um gene responsável pela fala e dos anúncios sobre a identificação de um gene da homossexualidade e outro da melancolia. O cientista social alemão Robert Kurz (1996), em um longo artigo, lembrou os horrores praticados em nome da eugenia e de seu uso pelo nazismo, buscando explicações para o posicionamento reducionista adotado por muitos dos cientistas:

> Tais estudiosos são muitas vezes ingênuos sob a óptica social e assim talvez não percebam como suas pesquisas "puramente objetivas" sofrem a influência de correntes ideológicas que solapam a sociedade. Escusado observar que a redução da cultura e sociabilidade humanas ao padrão da biologia molecular confere argumentos à legitimação de um barbarismo renovado. [...] O neoliberalismo, com sua pseudofísica ideológica das leis de mercado, soltou as peias de todos os demônios do barbarismo moderno e, assim, remontou à irracionalidade do "cientificismo social" do século XIX. (Kurz, 1996)

A "politização" dos debates tornou-se uma estratégia recorrente para o combate da "biologização" da vida social; em vários artigos, os geneticistas foram seguidamente tachados de "fascistas", "neoliberais, "alienados" e, intencionalmente ou não, "coniventes com os interesses dos poderosos", ou ainda simplesmente "ingênuos" a ponto de colocarem seus conhecimentos a serviço da legitimação de uma ordem social perversa.

As referências acerca de uma linhagem científica reducionista da complexidade humana multiplicaram-se nas páginas da *Folha*. Alertou-se com insistência para o fato de ser necessário promover os debates públicos sobre a questão, inclusive por se detectar um cenário no qual já se anunciava a superação do humano pelo pós-humano, marca fundamental de um tempo em que o homem estava deixando de ser "a medida de todas as coisas".

Quem afirmou isto foi o sociólogo Laymert Garcia dos Santos, em entrevista concedida à jornalista Juliana Monachesi (2003). Após explicitar as vinculações existentes entre as produções científicas e os interesses econômicos, o docente da Universidade de Campinas afirmou com veemência que, na pós-modernidade, a medicina teria que obrigatoriamente renovar suas concepções, substituindo a noção de corpo como uma entidade anatômica pela de "uma série de agenciamentos de informações" de caráter genético. E prosseguiu:

> a medicina pós-humana vai trabalhar com as possibilidades que se abrem pelas novas tecnologias, de fazer intervenções e modificações nesse corpo, que na verdade não cabem dentro da concepção de medicina moderna. Já é outra medicina. Essa dissolução que ocorre na passagem para uma perspectiva micro, molecular, essa dissolução é que está sendo chamada de o pós-moderno. Esse "pós" designa uma passagem para outra coisa. (Santos, apud Monachesi, 2003)

Questionado sobre o que seria essa "outra coisa", o entrevistado ofereceu uma resposta que, pelo menos por enquanto, ruma em direção à bioficção:

> Aí começam as diferenciações dentro do pós-humano sobre o que seria, digamos assim, a "superação" desse corpo. De um lado existe uma corrente que vai começar a trabalhar a "obsolescência" do corpo, [...] falar em ser humano 2.0, pensando essa superação como uma transcendência desse corpo sendo concebida da seguinte maneira: "E se o corpo fosse apenas um suporte que pode ser, digamos, abstraído, e a gente pudesse pensar a mente humana como algo que pudesse ter uma continuidade, a gente poderia fazer o humano existir para além desse suporte?". Essa linhagem vai trabalhar isso via inteligência artificial e robótica.
>
> A outra linha é a da biogenética, que é a transformação do próprio humano. A transformação do humano, de certo modo, abre perspectivas de uma segunda linha de evolução, que não é mais uma evolução natural. E a grande discussão hoje em dia é qual é o sentido dessa transformação que pode levar a uma outra natureza humana e quem vai entrar nessa outra natureza humana. Aí você tem toda a questão, por exemplo, das novas formulações da eugenia, todo o medo da volta das doutrinas dos anos 30, inclusive do nazismo, etc., sobre melhoramento não mais da raça, mas de patrimônio genético. (Santos, apud Monachesi, 2003)

Em praticamente todas essas matérias, a sociedade foi implícita ou explicitamente situada como potencial vítima da confluência da insanidade ou voracidade dos cientistas em expandir as fronteiras

do conhecimento e da volúpia empresarial em lucrar e criar novos dispositivos disciplinadores para serem impostos a todos.

Mesmo que predominante nos espaços da *Folha* não dedicados exclusivamente ao noticiário científico, essa tendência interpretativa contou com inúmeras exceções. Uma delas deveu-se a outro sociólogo, o francês Lucien Sfez (A grande saúde, 1996), em uma longa entrevista, buscou explicar os motivos que, apesar de todos os receios e alertas, garantiam a tendência coletiva de aceitação entusiasmada das novas propostas – e das promessas – emanadas da Genética e da biotecnologia por ela fomentada.

Segundo esse intelectual, em um momento em que as mediações tradicionais, como as oferecidas pela política e pela religião mostravam-se desgastadas, as ciências despontavam como a "nova religião", sendo incorporadas como as melhores "solucionadoras" dos dilemas, não só do corpo como também da vida social. Antes de tal admissão, as sociedades ocidentais tentaram outros caminhos, inclusive a busca do "natural", isto é, a rejeição dos produtos e dos comportamentos avaliados como modernos, migrando para territórios afastados do agito metropolitano e consumindo dietas baseadas em produtos que não usassem agrotóxicos. Com isso, pouco foi resolvido, persistindo os mesmos problemas contemporâneos, do câncer à proliferação dos atos criminosos.

Sem deixar de se reportar à Genética como elemento instrutor de uma nova dimensão do biopoder e de relacioná-la com as intenções de incremento dos lucros empresariais, Sfez centrou sua argumentação na experiência cultural das últimas décadas, afirmando que os partícipes da pós-modernidade haviam assumido que "o inimigo está em nós", isto é, em nosso corpo e em nossa mente e era contra ambos que todos se debatiam. Para o entrevistado, tal constatação teria instigado a "busca pela saúde perfeita", a primeira das utopias construídas coletivamente nesse novo período da história. E essa utopia já tinha articulado seu primeiro projeto: o sequenciamento do genoma humano. Explicou o sociólogo o que deveria ser entendido por "grande saúde":

> É o projeto de purificação genética por meio do mapeamento dos genes e doenças genéticas, o de purificação do planeta, o da criação de uma vida perfeitamente pura, a vida artificial. [...] O termo se aplica a este homem novo, que estaria além da nossa infeliz existência humana, que atingiria a imortalidade, que não precisa em nada de Deus, moral e metafísica. (Sfez, apud A grande saúde, 1996)

Negando-se a colocar em campos opostos a utopia e a realidade, dissertou para os leitores sobre a fluência de uma "tecnociência onipresente", geradora de utopias que, para ele, estavam fadadas a ser concretizadas:

> O sonho derivado do Projeto Genoma é a busca da perfeição, da reconciliação do homem com sua natureza original pura, a nostalgia de ser perfeito, busca fetichizada pela mídia, pelos laboratórios, pela qual se interessam as seguradoras, que não querem garantir mais seres imperfeitos, quando se pode saber quem são essas figuras de alto risco. [...] Os narradores onipotentes [da nova utopia] são os cientistas com seu discurso em si mesmo incontestável. (Sfez, apud A grande saúde, 1996)

Afirmou também que o imaginário tecnológico dispensava comentários porque soberano, e justificou o empenho do público em consumir os novos conhecimentos, produtos e serviços como estratégia de uma busca irrefreável e nada inocente ou ignorante pela purificação suprema: "O retorno à origem é o reencontro de Adão antes da queda, uma espécie de Adão perfeito, o Adão do paraíso terrestre, geneticamente purificado".

Fugindo uma vez mais à tendência predominante nas páginas do jornal focado, o sociólogo francês mostrou-se plenamente crente em relação às promessas científicas, deslocando a pecha de irracional para os que estavam rejeitando as amplas possibilidades de redefinição do homem e do seu corpo pela Genética:

> Por que as pessoas pretendem fazer uma defesa humanista, contra a pressão avassaladora e até totalitária da ciência, se recorrem a argumentos um pouco etnológicos, antropológicos? Defende-se então um tipo de irracionalismo, esse tipo de coisa, você sabe muito bem que existe, não vou citar nomes, pois não é meu papel atacar pessoas. [...] Tome nota. Vai haver a medicina desse corpo total, psicossomático, e haverá a medicina dos ricos [com embasamento na genética], que sabem muito bem o que fazer nesse caso. Nas clínicas mais importantes de São Paulo e do Rio, eles vão ter à disposição as terapias gênicas e lhe asseguro que eles acorrerão em massa a essas clínicas, e eles serão curados. (Sfez, apud A grande saúde, 1996)

Em linha próxima à de Sfez, alguns outros personagens mostraram-se convictos da positividade de tudo o que estava acontecendo nos setores das ciências e da tecnologia, dentre eles Bill Gates (1996), presidente da empresa Microsoft. Em seu texto reiterou a importância estratégica da informática para o desenvolvimento dos estudos moleculares sobre os seres vivos, acrescentando que, se não trabalhasse com computadores, certamente estaria atuando no setor biotecnológico. Isto porque:

> Prevejo avanços de tirar o fôlego na medicina nas próximas duas décadas, e os pesquisadores e as companhias de biotecnologia estão no centro desse progresso. [...] Os pesquisadores estão expandindo nossos conhecimentos sobre o funcionamento do corpo no nível mais fundamental, e esse conhecimento nos está propiciando uma compreensão mais profunda das doenças e de como tratá-las. (Gates, 1996)

Outras matérias mostraram-se tão ou ainda mais entusiasmadas do que o texto de autoria de Gates, declarando que o século XXI seria o tempo de domínio da biotecnologia. O jornalista Walter Isaacson (1999) convocou seus leitores a darem adeus ao "século da Física, da divisão do átomo e da transformação do silício em força

motriz dos computadores", pois estava para se iniciar o "século da biotecnologia". E prosseguiu:

> A medicina moderna pouco fez para alterar o tempo de vida natural dos seres humanos. A próxima revolução científica mudará esse equilíbrio, porque a engenharia genética tem o potencial de vencer o câncer, fazer com que novos vasos sanguíneos cresçam no coração, bloquear o crescimento de vasos em tumores, criar novos órgãos a partir de células indiferenciadas e, talvez, encontrar um novo ajuste para o código genético antigo que causa o envelhecimento das células. Em 5 milhões de anos, desde que os hominídeos seguiram um caminho evolutivo diferente dos chimpanzés, o DNA humano modificou-se em apenas 2%. Mas, no século que vem, seremos capazes de alterá-lo radicalmente, codificando nossas qualidades e planejando novas formas de vida. Nossos filhos poderão escolher o sexo e a cor dos olhos de seus filhos, talvez até aperfeiçoar seu quociente de inteligência, sua personalidade e sua habilidade esportiva. Poderão criar clones de si mesmos, de seus filhos, ou talvez até clones de nós mesmos depois de mortos. (Isaacson, 1999)

Não satisfeito o suficiente com suas projeções fantasiosas, o autor foi mais longe ainda; suas apregoações deixaram o campo das ciências para enveredar pela bioficção, confidenciando as esperanças depositadas no futuro:

> Num futuro não muito distante [...] estaremos prontos para o avanço que poderá vir no fim do próximo século, algo comparável ao mapeamento dos nossos genes: o mapeamento de cerca de 10 bilhões de neurônios do cérebro humano. De posse dessa informação, poderemos criar inteligência artificial, com poder de raciocínio e dotada de consciência, igual ao cérebro humano. Por fim, poderemos reproduzir nossa mente numa máquina, para que possamos viver livres das imperfeições inerentes a nosso corpo e nosso cérebro biológicos. (Isaacson, 1999)

Mais sobriamente, mas com o mesmo afinco ufanista, Bill Clinton (2001) marcou presença nas páginas da *Folha* para colocar em evidência a importância do sequenciamento genômico e, mais do que isso, confidenciar sua crença em um futuro melhor porque sob a égide da Genética. Ao se reportar a quais seriam os fatores dominantes da "alma do século XXI", o ex-presidente norte-americano referiu-se às novas contribuições científicas para o entendimento dos seres humanos, repetindo o que já havia sido pontificado por inúmeros cientistas e políticos, e inclusive por ele próprio, quando instado a justificar oficialmente o montante de verbas públicas empenhado no Projeto Genoma Humano:

> O sequenciamento do genoma humano abriu novas perspectivas para a saúde, a medicina e a longevidade. Em pouco tempo, vamos poder gerar perfis genéticos de bebês antes mesmo de eles saírem da maternidade. Cientistas estão trabalhando para criar *chips* que repliquem os nervos da coluna vertebral e que, algum dia, talvez possam permitir que pessoas que sofreram danos à espinha levantem de suas cadeiras de rodas e voltem a andar. (Clinton, 2001)

Considerações finais

As matérias invocadas neste texto são apenas exemplos de um grande número de artigos que repetiram os mesmos argumentos e recitaram as mesmas fantasias sobre o futuro da Genética. A reiteração contínua das mesmas perspectivas, não importando se baseadas em constatações científicas ou no imaginário, tenderam a fazer que os conteúdos midiáticos fossem assumidos pelos leitores, inclusive pelos docentes com quem se dialogou. Para a maior parte destes, a leitura de matérias como as mencionadas não diminuíram suas dúvidas sobre o que pode acontecer no futuro; ao invés disto, ampliaram-nas. Em apenas um caso a pessoa com quem se dialogou mostrou-se destituída de dúvidas; um professor da área de ciências informou taxativamente que o futuro sob a égide da Gené-

tica constitui-se numa "verdade inquestionável", prenunciando que, não a sua geração, mas a dos seus filhos, vislumbraria um mundo mais harmônico, inclusive com a ausência das doenças e da dor e, ainda mais, que poderia aspirar à vida eterna.

Nesse contexto, jornalistas, personalidades entrevistadas e os leitores da *Folha de S. Paulo* mostram-se partícipes da pós-modernidade, dando sentido a um "contrato comunicacional" que, ao buscar argumentos para antever um futuro menos adverso, confrontam-se também com seus medos mais profundos. E tal movimento reflete-se igualmente em sala de aula, fazendo frutificar novos desafios para o ensino de ciências.

Referências bibliográficas

A GRANDE saúde. *Folha de S. Paulo*, 7/4/1996. Disponível em <www1.folha.uol.com.br/fsp/arquivo.htm>. Acesso em 22/10/2003.

ALMEIDA, M. J. P. M. de. Divulgação científica e texto literário: uma perspectiva cultural em aula de Física. *Cad. Cat. Ens. Fís. (Florianópolis)*, v.10, n.1, p.7-13, abr. 1993.

BERTOLLI FILHO, C. *Sociedade, cultura e genetocentrismo cultural*, 2009. (Pesquisa em andamento).

_____. *Mídia, cultura e ciências*: o genetocentrismo cultural nas páginas da *Folha de S. Paulo.* Bauru, 2010. (Tese de livre-docência em Antropologia) – Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação.

BECK, U. A reinvenção da política: rumo a uma teoria da modernização reflexiva. In: GIDDENS, A., BECK, U., LASH, S. *Modernização reflexiva*: política, tradição e estética na ordem social moderna. São Paulo: Ed. UNESP, 1997. p.11-71.

_____. *La sociedad del riesgo global.* Madri: Siglo XXI, 2002.

CALLIGARIS, C. A ressaca do Prozac e os milagres da fala. *Folha de S. Paulo*, 17/3/1996. Disponível em <www1.folha.uol.com.br/fsp/arquivo.htm>. Acesso em 21/11/2003.

CARVALHO, A. D. de. *A educação como projecto antropológico.* Porto: Afrontamento, 1992.

CLINTON, B. Estamos pela luta da alma do século 21. *Folha de S. Paulo*, 16/12/2001. Disponível em <www1.folha.uol.com.br/fsp/arquivo.htm>. Acesso em 22/10/2003.

FUKUYAMA, F. O fim da natureza humana e não-humana. *Folha de S. Paulo*, 4/8/2002. Disponível em <www1.folha.uol.com.br/fsp/arquivo.htm>. Acesso em 29/10/2003.

GATES, B. Biotecnologia: o *software* transforma o mundo. *Folha de S. Paulo*, 3/7/1996. Disponível em <www1.folha.uol.com.br/fsp/arquivo.htm>. Acesso em 21/10/2003.

GIDDENS, A. *Modernidade e identidade.* Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2002.

ISAACSON, W. O século da biotecnologia. *Folha de S. Paulo*, 7/1/1999. Disponível em <www1.folha.uol.com.br/fsp/arquivo.htm>. Acesso em 6/1/2002.

JERUSALINSKI, A., TAVARES, E. E. Era uma vez... já não é mais. *Folha de S. Paulo*, 24/7/1994. Disponível em <www1.folha.uol.com.br/fsp/arquivo.htm>. Acesso em 31/12/2003.

KURZ, R. A biologização do social. *Folha de S. Paulo*, 7/7/1996. Disponível em <www1.folha.uol.com.br/fsp/arquivo.htm>. Acesso em 14/11/2003.

MARANDINO, M. A prática de ensino nas licenciaturas e a pesquisa em Ensino de Ciências: questões atuais. *Cad. Bras. Ens. Fis.*, v.20, n.2, p.168-93, 2003.

MONACHESI, J. Ciborgues da resistência. *Folha de S. Paulo*, 9/11/2003. Disponível em <www1.folha.uol.com.br/fsp/arquivo.htm>. Acesso em 17/6/2005.

MOURÃO, G. M. O homem de 2.000 anos. *Folha de S. Paulo*, 2/1/1998. Disponível em <www1.folha.uol.com.br/fsp/arquivo.htm>. Acesso em 15/10/2006.

NÃO HÁ MAIS separação entre o campo de batalha real e o virtual. *Folha de S. Paulo*, 6/4/2003. Disponível em <www1.folha.uol.com.br/fsp/arquivo.htm>. Acesso em 17/6/2005.

NASCIMENTO, E. A solidariedade dos seres vivos. *Folha de S. Paulo*, 27/5/2001. Disponível em <www1.folha.uol.com.br/fsp/arquivo.htm>. Acesso em 22/10/2003.

NASSIF, L. Tendências da saúde. *Folha de S. Paulo*, 27/3/1998. Disponível em <www1.folha.uol.com.br/fsp/arquivo.htm>. Acesso em 21/10/2003.

NASSIF, L. Guerra e economia. *Folha de S. Paulo*, 27/3/2003. Disponível em <www1.folha.uol.com.br/fsp/arquivo.htm>. Acesso em 24/10/2003.

NATALI, J. B. Para Goffredo Telles Junior, não existe democracia hoje no Brasil. *Folha de S. Paulo*, 13/9/1999. Disponível em <www1.folha.uol.com.br/fsp/arquivo.htm>. Acesso em 5/1/2002.

PICONEZ, S. C. B. *A prática de ensino e o estágio supervisionado.* Campinas: Papirus, 1991.

REIS, R. How Brazilian and North American newspapers frame the stem cell research debate. *Science Communication (Las Vegas)*, v.29, n.3, p.316-34, 2008.

SANTOS, B. de S. *Um discurso sobre as ciências.* 12.ed. Porto: Afrontamento, 2001.

ZINGG, D. D. Tente encarar 1999 de frente. *Folha de S. Paulo*, 11/1/1999. Disponível em <www1.folha.uol.com.br/fsp/arquivo.htm>. Acesso em 20/10/2003.

2

Bioética e ensino: o que pensam os alunos do ensino médio sobre as pesquisas com células-tronco embrionárias?

Elaine Sandra Nicolini Nabuco de Araujo[1]
Polyana Cristine Tizioto[2]
João José Caluzi[3]
Caroline Belloto Batisteti[4]
Ana Maria de Andrade Caldeira[5]

Introdução

Realizar um trabalho de divulgação científica não é tarefa das mais fáceis. Durante todo o processo corremos o risco de cometer distorções conceituais ocasionadas por reduções ou simplificações exageradas do conteúdo a ser divulgado. Essa insegurança pode ser

1. Pesquisadora do Centro de Divulgação e Memória da Ciência e Tecnologia – CDMCT – FC/UNESP – Bauru.
2. Mestre em Genética e Evolução pela Universidade Federal de São Carlos – UFSCar.
3. Departamento de Física. Professor do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência – FC/UNESP – Bauru.
4. Mestre pelo Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência – FC/UNESP – Bauru.
5. Departamento de Educação. Coordenadora do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência – FC/UNESP – Bauru.

minimizada somente após estudarmos muito o assunto. Em adição, diante da grande quantidade de informações disponíveis na área de biotecnologia, que é a temática deste capítulo, a sistematização dos conteúdos em um único trabalho é praticamente impossível. A exposição Ciência e (In)Tolerância aqui discutida é uma das ações de divulgação científica do Centro de Divulgação e Memória da Ciência e da Tecnologia (CDMCT), vinculado ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da UNESP, campus de Bauru. Essa exposição foi elaborada a partir de um convite para participarmos do Fórum Diversidade e Igualdade: Cultura, Educação e Mídia, realizado em 2007. Um dos temas do Fórum foi Ciência, Verdade e Diversidade e coube ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências e ao CDMCT da UNESP – Bauru o desenvolvimento dessa temática. Assim, propusemos a Exposição Ciência e (In)Tolerância, que se tornou itinerante, percorrendo várias escolas de Bauru e região. Tendo em vista o enfoque do Fórum, julgamos pertinente uma discussão sobre a ciência no que diz respeito à diversidade e igualdade. É comum que as pessoas entendam a ciência como verdade absoluta, neutra e isenta de interesses, mas a história nos mostra que muitas vezes a ciência foi utilizada como um instrumento para corroborar ou refutar ideias discriminatórias (Gould, 1999). Por isso a escolha do título Ciência e (In)Tolerância.

Procuramos apresentar na referida exposição algumas informações sobre pesquisas na área de Ciências Biológicas e suscitar discussões éticas sobre suas aplicações. Sob esse aspecto, destacamos o importante papel da divulgação científica no mundo contemporâneo. Entendemos que os cidadãos necessitam de informações consistentes acerca dos avanços científicos para que, democraticamente, possam fazer suas escolhas com responsabilidade, seja no âmbito individual, seja no coletivo.

O conteúdo da exposição abordou três temas, apresentados na forma de painéis estruturados do seguinte modo: Bioética; Raças e Racismo; e Estético-Corporal. A saber:

1. TEMA 1: Bioética
    a. Painel sobre fertilização *in vitro*.
    b. Painel sobre células-tronco.
    c. Painel sobre Neurociência.
2. TEMA 2: Raças e Racismo[6]
    a. Painel propondo a questão: "Existem raças dentro da espécie humana?".
    b. Painel propondo a questão: "Que critérios são utilizados para separar os indivíduos em grupos distintos?".
3. TEMA 3: Estético-Corporal
    1. Painel sobre padrões de beleza ao longo das décadas.
    2. Painel sobre padrão de beleza atual *versus* oferta de alimentos calóricos.
    3. Painel sobre alguns distúrbios alimentares: obesidade mórbida, anorexia e bulimia.

A ideia de divulgar ciência na forma de painéis pareceu-nos um recurso interessante, sobretudo porque eles foram elaborados tendo em vista os jovens de ensino médio (em idade entre 15 a 19 anos). Conforme já mencionado, a exposição percorreu as escolas de Bauru e região. Atualmente, os painéis e o caderno para subsidiar o professor, elaborado por nós, contendo informações sobre os painéis e uma bibliografia sobre os temas, está disponível na página http://www.faac.unesp.br/extensao/forum/exposicao.html. Há uma versão impressa desse caderno que é distribuída gratuitamente aos professores das escolas interessadas na exposição.

No presente capítulo, discutimos apenas o painel correspondente à temática sobre células-tronco, referente ao tema bioética.

Ao tratarmos desse tema, tivemos um triplo desafio. Tendo em vista a constante referência a resultados de pesquisas biotecnológicas pelos meios de comunicação em geral, nosso primeiro desafio

6. Embora o tema raças e racismo esteja também na pauta das discussões bioéticas, na presente pesquisa, para efeito de organização da amostra, optamos por discutir esse tema separadamente.

é enveredarmos no caminho da divulgação científica. As discussões nessa área são densas, sobretudo quando associadas ao papel desempenhado pela mídia. O segundo é a abordagem da temática células-tronco, a qual envolve não somente a apresentação do conteúdo, mas também as questões bioéticas e legais decorrentes. E, finalmente, o terceiro é relacionarmos a divulgação, biotecnologia, bioética e Ensino de Ciências.

Divulgação científica e mídia

O conceito de difusão científica, de acordo com Bueno (1985), abrange a *disseminação científica*, isto é, a comunicação de trabalhos, pesquisas ou artigos científicos para especialistas e a *divulgação científica*, isto é, a comunicação de assuntos científicos para o público em geral. Esta última inclui, entre outras formas, o jornalismo científico, os suplementos infantis, folhetos de extensão rural, campanhas de saúde, documentários, programas especiais de rádio e televisão, entre outros.

Para Destácio (2002, p.94), "divulgação científica, por seu turno, implica a recodificação da linguagem científica, de modo a apresentar a informação com origem na ciência em uma linguagem não especializada, tornando seu conteúdo acessível ao público em geral". Zamboni (2001, p.81) defendeu a tese de que o discurso da divulgação científica não é apenas uma reformulação discursiva, mas "constitui um gênero de discurso particular no conjunto dos demais discursos das diferentes áreas de funcionamento da linguagem, sujeito, portanto, a condições bastante diversas daquelas que cercam, ao menos, o discurso científico".

Seja a divulgação científica uma reformulação do discurso científico ou um gênero de discurso particular, as discussões nesse campo passam pela dificuldade de tornar os conhecimentos científicos compreensíveis ao público não especializado, uma vez que o divulgador pode simplificá-los demais a ponto de provocar distorções conceituais, ou ainda apresentar uma visão mistificada da

ciência. A jornalista especializada em ciência Alicia Ivanissevich discutiu a conflituosa relação entre cientistas e jornalistas.

> Eventuais choques entre mídia e comunidade científica são inevitáveis. Cientistas e jornalistas vivem mundos diferentes, com regras próprias e objetivos díspares. Enquanto a ciência exige um trabalho metódico, de passos lentos, complexos e precisos, o jornalismo em geral pede agilidade, apelo e simplicidade. Os jornalistas querem saber em quarenta segundos e em uma linguagem simples exatamente o que os pesquisadores vêm fazendo, com sua metodologia complexa, há vários anos. (Ivanissevich , 2005, p.15)

O físico e historiador da ciência Roberto de Andrade Martins, em 1998, ao apontar erros históricos e conceituais observados em um livro de divulgação científica, introduziu seu artigo da seguinte forma:

> Os autores de livros de divulgação científica são muitas vezes malvistos pela comunidade científica. As obras de divulgação costumam ser acusadas de distorcer a ciência, na tentativa de apresentar algo compreensível a um público mais amplo. Muitas vezes tais distorções ocorrem realmente (e infelizmente). Por outro lado, deve o público ser privado de contato com o desenvolvimento científico? (Martins, 1998, p.243)

A resposta de Martins a essa questão é um enfático não. O problema, segundo ele, é "encontrar *quem* possa fazer trabalhos de divulgação científica. O ideal (difícil de atingir) é unir uma competência científica à capacidade de escrever de modo simples e interessante, mas não errôneo" (1998, p.243).

Destácio (2002) comentou as questões pendentes e também as recentes na divulgação científica:

> as dificuldades de comunicação entre cientistas e jornalistas e a recodificação da mensagem da ciência em um discurso adequado ao público leigo, e também novos temas, especialmente ligados à ética

> e à responsabilidade do jornalista ou divulgador na transmissão das informações, oriundas, sobretudo dos vertiginosos avanços da Genética e da Informática, entre outros campos do conhecimento científico mais suscetíveis à polêmica. (Destácio, 2002, p.96)

Rotineiramente, novos avanços biotecnológicos são reportados em jornais, revistas, programas de televisão e *sites* da Internet. Tais meios de comunicação, de acordo com Ivanissevich (2005, p.14), "são o caminho mais imediato e abrangente de intensificar a divulgação científica para o grande público". Destácio (2002, p.101), ressaltou que "questões éticas afluem na ciência e no noticiário, e o divulgador científico – jornalista ou não – deve assumir cada vez mais um senso de responsabilidade pelo que divulga".

Bioética – algumas considerações[7]

O termo *bioética* foi proposto, em 1970, pelo biólogo e oncologista Van Ressenlaer Potter, no artigo intitulado "Bioética, a ciência da sobrevivência", em que chamou a atenção para a necessidade de uma nova sabedoria que proporcionasse "conhecimento de como usar o conhecimento".

> Este conceito de sabedoria como um guia para a ação – o conhecimento de como usar conhecimento para o bem social – poderia ser chamado "a ciência da sobrevivência", certamente o pré-requisito para melhoria na qualidade de vida. [...] A ciência da sobrevivência deve ser mais do que uma ciência sozinha, e então eu proponho o termo *bioética* para enfatizar os dois mais importantes ingredientes para alcançar a nova sabedoria que é tão desesperadoramente necessária: conhecimento biológico e valores humanos. (Potter, 1970, p.127-8).

7. Essas considerações foram exploradas por: Araujo, E. S. N. N., Batisteti, C. B. Bioética e o ensino de Biologia. In: Caldeira, A. M., Araujo, E. S. N. N. *Introdução à didática da Biologia*. São Paulo: Escrituras, 2009.

As preocupações referentes ao conceito de progresso humano foram primeiramente abordadas por Potter na palestra "Ponte para o futuro, um conceito de progresso humano", proferida, em 1962, na Universidade Estadual de Dakota do Sul, em que decidiu "questionar o progresso e para onde o avanço materialista da ciência e tecnologia estava levando a cultura ocidental" (1998, p.371). Ao cunhar o termo em 1970, Potter tinha em mente a ideia de bioética como uma ponte entre as Ciências Biológicas e a Ética, que se constituiria em um meio para o futuro (Potter, 1998).

Embora a palavra *bioética* tenha sido cunhada em 1970, é difícil identificar com precisão quando se iniciaram as discussões em torno do desenvolvimento científico e dos valores humanos, particularmente na área médica, em virtude, por exemplo, da participação de seres humanos em ensaios medicamentosos. Nesse sentido, a ética médica apropriou-se da palavra para definir questões que há tempos eram discutidas pela comunidade. Ressaltamos que, ao restringir o termo à área médica, seu sentido original foi modificado, uma vez que, quando nomeada por Potter, englobava, entre outras, as questões ambientais.

No âmbito da ética médica, a reflexão sobre os acontecimentos ocorridos na primeira metade do século XX, entre eles as experiências com seres humanos realizadas durante a Segunda Guerra Mundial, teve como consequência a formulação, em 1947, do Código de Nuremberg, que suscitava uma "conscientização sobre os perigos dos progressos da ciência desejados a qualquer custo e sobre a necessidade de um certo enquadramento" (Durand, 2003, p.40). Conforme Bernard,

> Convém lembrar que as experiências escandalosas dos médicos hitlerianos, utilizando como animais de laboratórios mulheres, homens, crianças deportadas e prisioneiros, não permitiram um único progresso científico válido. Foram, ao mesmo tempo, bárbaras e absurdas. (Bernard, 1990, p.23)

Leopoldo & Silva (2002), ao comentar o surgimento histórico da bioética, salientou que o Código de Nuremberg foi o primeiro a formular preceitos éticos das práticas científicas, tais como:

> consentimento livre do sujeito de pesquisa, redução de riscos e incômodos, possibilidade de o sujeito revogar a qualquer momento sua adesão ao experimento, proporcionalidade de riscos e benefícios, obrigatoriedade de uma fase anterior em que as experiências sejam feitas com animais, etc. (Leopoldo & Silva, 2002, p.40)

Conforme Garrafa (2006, p.130), "a bioética foi criada, pelo menos inicialmente, para defender os indivíduos mais frágeis nas relações entre profissionais de saúde e seus pacientes ou entre empresas/institutos de pesquisa e os cidadãos". A bioética "estendeu-se, como formulação normativa, da pesquisa terapêutica comum, instituindo-se assim o que se entende hoje como princípios fundamentais da bioética, considerada na sua significação ampla de ética da vida" (Leopoldo e Silva, 2002, p.40). Os quatro princípios básicos[8] da bioética são: "autonomia, beneficência, não maledicência e justiça – os quais seriam uma espécie de instrumento simplificado para análise prática dos conflitos que ocorrem no campo bioético" (Garrafa, 2006, p.128).

Nos últimos anos, a universalidade do principialismo em bioética tem, segundo Garrafa (2006), recebido críticas. De acordo com ele, o processo de globalização aumentou os contrastes entre as nações e os preceitos básicos da bioética apresentaram "limitações frente aos macroproblemas coletivos, principalmente sanitários e ambientais, verificados especialmente nos países periféricos do Hemisfério Sul do mundo" (Garrafa, 2006, p.125).

Diante desse quadro, a bioética é considerada um movimento ou uma nova disciplina, que "estuda a ética das mais diferentes situações de vida, ampliando seu campo de influência teórica e prá-

---

8. Para saber mais sobre os princípios básicos da bioética, recomendamos a consulta ao livro de Guy Durand publicado em 2003, p.143-223.

tica do exclusivo âmbito biomédico/biotecnológico até o campo ambiental, passando inequivocamente pelo campo da bioética social" (Garrafa, 2006, p.132).

Destacamos que, seja qual for o tema, as reflexões bioéticas assumem um caráter plural, uma vez que envolvem questões legais, éticas, sociais, filosóficas, religiosas e científicas. Haja vista a polêmica instaurada no Brasil por conta do artigo da Lei de Biossegurança (Lei n. 11.105), aprovada em 2005, que autoriza as pesquisas com células-tronco embrionárias humanas, desde que respeitadas as condições preestabelecidas para tal. Uma ação de inconstitucionalidade foi impetrada junto ao Supremo Tribunal Federal; por isso, em 20 de abril de 2007 foi realizada a primeira audiência pública na história dessa instância para debater o artigo 5º da Lei de Biossegurança. Instalaram-se embates, divulgados pela mídia, entre grupos religiosos, cientistas, juristas, jornalistas especializados e membros da população em geral acerca do assunto. Em 29 de maio de 2008, o Supremo Tribunal Federal decidiu pela liberação das pesquisas com células-tronco embrionárias.

Considerando a importância e os diferentes aspectos envolvidos nas questões bioéticas, as instituições de ensino não podem omitir-se dessas discussões. Lembramos que, atualmente, há uma avalanche de informações científicas disponíveis na Internet, em publicações de livros, em revistas, em jornais, na televisão, no rádio, entre outros. O fácil acesso a elas, no entanto, não garante o conhecimento ao público, uma vez que há divulgações contraditórias e equivocadas, que exigem discernimento para a sua interpretação. Assim, a escola, como uma integrante ativa da sociedade, assume um papel fundamental na "formação de um sujeito que tenha acesso às mais variadas formas de produção do conhecimento, de como transformá-los em tecnologia e de quais são os impactos que eles geram para a sociedade e para o ambiente" (Araujo, Caluzi & Caldeira, 2006).

Biotecnologia e bioética: a polêmica sobre as pesquisas com células-tronco embrionárias

Diversas áreas do conhecimento científico têm se beneficiado dos avanços tecnológicos, em especial as biológicas, possibilitando o diagnóstico e tratamento mais preciso de doenças e o desenvolvimento da biotecnologia, favorecendo os setores da saúde, da indústria e da agricultura. Por outro lado, tais avanços têm suscitado questões importantes acerca de seus impactos na sociedade e no ambiente.

A definição de biotecnologia está associada ao "uso de seres vivos (por exemplo, bactérias e fungos) e seus produtos (enzimas, por exemplo) no processamento de materiais para produção de bens de consumo ou serviços" (Mantell et al., 1994, p.6.). Isso inclui a produção de bebidas alcoólicas, queijos, pães, antibióticos, vacinas, alcoóis combustíveis, pesticidas microbianos, inoculantes de fixação de nitrogênio, perfumarias, corantes, entre outros. O termo *biotecnologia* é também empregado para as técnicas modernas que envolvem a engenharia genética, tais como a técnica do DNA recombinante e de sequenciamento do DNA. São exemplos da aplicação dessas novas tecnologias: a produção de organismos transgênicos, a inseminação artificial em bovinos, a terapia gênica, as pesquisas com células-tronco, o Projeto Genoma, etc.

As técnicas biotecnológicas que envolvem a manipulação de vida humana, por suas implicações éticas, necessitam de um suporte legal para ser desenvolvidas. Um tema bastante discutido no Brasil e no mundo, atualmente, refere-se ao uso das células-tronco embrionárias em pesquisas científicas. Células-tronco são células capazes de gerar e reconstituir diferentes tecidos (Pranke, 2004). Por isso, estão em desenvolvimento inúmeras pesquisas com o objetivo de recuperar, a partir das células-tronco, tecidos que são danificados por doenças degenerativas e traumas, tais como doenças cardiovasculares, neurodegenerativas (*e.g.*, Alzheimer), diabetes tipo I, acidentes vasculares cerebrais, doenças hematológicas,

traumas na medula espinhal, etc. Há dois tipos de células-tronco: embrionárias e adultas.

As células-tronco embrionárias, como o próprio nome diz, referem-se às células que são derivadas do estágio de blastocisto do embrião (embrião com cerca de cem células), são capazes de se dividir rapidamente se diferenciando em centenas de tecidos do corpo humano e apresentam maior plasticidade quando comparadas às células-tronco adultas (Zatz, 2004). Estas, por sua vez, são células que já possuem um estágio de diferenciação, sendo encontradas em diferentes tecidos humanos, por exemplo, epitelial, sanguíneo e germinativo. As células-tronco adultas têm primeiramente a função de contribuir na reconstituição da perda normal de células por envelhecimento ou ferimento. Estão presentes em órgãos adultos, como o cérebro e o pâncreas, que em geral têm uma regeneração celular muito limitada. Elas também podem ser encontradas na medula óssea, fígado, cordão umbilical e placenta.[9] Embora tenha sido observado que as células-tronco adultas apresentam maior plasticidade do que inicialmente era conhecido, até agora se sabe que elas podem formar um número limitado de tipos celulares, em contraste as células-tronco embrionárias humanas, que têm o potencial de formar diversos tipos celulares (Odorico et al., 2001).

Segundo Zatz (http://www.ghente.org/temas/celulas-tronco/index.htm), quanto à classificação, as células-tronco podem ser:

Totipotentes: células capazes de diferenciar-se em todos os 216 tecidos que formam o corpo humano, incluindo a placenta e anexos embrionários. As células totipotentes são encontradas nos embriões nas primeiras fases de divisão, isto é, quando o embrião tem até 16-32 células, que corresponde a três ou quatro dias de vida.

---

9. De acordo com Zatz, as células extraídas do cordão umbilical e placenta são consideradas células adultas, haja vista a sua limitação de diferenciação (http://www.ghente.org/temas/celulas-tronco/index.htm).

Pluripotentes ou multipotentes: células capazes de diferenciar-se em quase todos os tecidos humanos, excluindo a placenta e anexos embrionários, ou seja, a partir de 32-64 células, aproximadamente a partir do quinto dia de vida, fase considerada de blastocisto. As células internas do blastocisto são pluripotentes, enquanto as células da membrana externa destinam-se à produção da placenta e das membranas embrionárias.

Oligotentes: células que se diferenciam em poucos tecidos.

Unipotentes: células que se diferenciam em um único tecido.

Zatz, contudo, salienta: "Constitui um mistério para os cientistas a ordem ou comando que determina no embrião humano que uma célula-tronco pluripotente se diferencie em determinado tecido específico, como fígado, osso, sangue, etc." (http://www.ghente.org/temas/celulas-tronco/index.htm).

Conforme Schramm (2004, p.7), parece haver um consenso provisório entre os especialistas na distinção das células-tronco em:

(1) Células-tronco multipotentes (*multipotent stem cells*), extraídas de embriões, fetos, recém-nascidos e até de indivíduos adultos.
(2) Células-tronco pluripotentes (*pluripotent stem cells*), que podem ser subdivididas em:
  (2a) Células-tronco embrionárias (*embrionic stem cells*), extraídas da massa celular interna (*inner cell mass*) dos blastocistos antes da implantação no útero.
  (2b) Células embrionárias germinais (*embryonic germ cells*).

Essa distinção parece pertinente, segundo Schramm (2004, p.7), "se é verdadeiro que as células-tronco pluripotentes possuem características não possuídas pelas multipotentes, como aquela de dar origem, a partir de poucas dezenas de células, a centenas de milhões de outras células com as mesmas características e potencialidades".

As células-tronco para desenvolvimento das pesquisas podem ser obtidas a partir de diferentes fontes, sendo elas:

1. Clonagem terapêutica para obtenção de células embrionárias: basicamente, consiste na produção de embriões humanos a partir da transferência de um núcleo de uma célula somática para um óvulo anucleado. A célula resultante dessa fusão, em condições adequadas, inicia o seu processo de divisão e atinge a fase de blastocisto, que contém células indiferenciadas e pluripotentes, ou seja, células-tronco, as quais serão retiradas para diferenciação *in vitro* dos tecidos que se intenciona produzir. A clonagem terapêutica abre espaço para perspectivas positivas, já que esses tecidos produzidos em laboratórios podem ser transplantados a fim de reconstituir tecidos degenerados sem risco de rejeição, tendo em vista que o doador das células a serem clonadas pode ser o próprio paciente. Esse procedimento é chamado de transplante autólogo. No entanto, essa técnica possui limitações, pois o paciente com anomalias genéticas não pode servir como doador de células, uma vez que essa anomalia se disseminaria por todas as células oriundas de sua divisão. No caso de usar outra pessoa como doador (transplante heterólogo), o risco está na rejeição, ou seja, é necessário encontrar um doador compatível. No entanto, essa técnica, apesar de promissora, ainda necessita de muitas pesquisas para posterior aperfeiçoamento (Zatz, 2004). Outro ponto a ser destacado refere-se ao fato de que tanto no transplante homólogo com células embrionárias como no transplante heterólogo de corpos embrióides humanos em animais imunossuprimidos não se achou ainda solução para os tumores de caráter embrionário, os teratomas, que surgem em consequência da proliferação e diferenciação anárquica das células embrionárias humanas. Trabalhos como o de Thomson et al. (1998) têm constatado o problema do surgimento de teratomas em linhagens celulares produzidas.

2. Terapia celular com células-tronco oriundas de:
   a. *Tecidos adultos*: existem células-tronco adultas em vários tecidos humanos, tais como medula óssea, sistema nervoso,

epitélio e polpa dentária. Entretanto, a quantidade é pequena e não sabemos ainda em que tecidos são capazes de se diferenciar; pesquisas têm mostrado, por exemplo, que células-tronco adultas retiradas da medula óssea de indivíduos com doenças cardíacas foram aptas a reconstituir o músculo do seu coração (Zatz, 2004).

b. *Cordão umbilical e placenta*: o sangue de cordão umbilical e placentário contém células fetais e é outra fonte de células-tronco. As pesquisas com células-tronco de cordão umbilical não envolvem questões éticas relacionadas à manipulação de embriões, porém há o problema de compatibilidade entre as células-tronco do cordão do doador (bebê) e do receptor (por exemplo, paciente que necessita de transplante de medula óssea). Essa questão foi abordada por Zatz (2004, p.253): *será necessário criar, com a maior urgência, bancos de cordão públicos, à semelhança dos bancos de sangue. Isto porque se sabe que, quanto maior o número de amostras de cordão em um banco, maior a chance de se encontrar um compatível.*

c. *Células reprogramadas*: pesquisadores anunciaram a criação de células conhecidas como iPS (do inglês *Induced Pluripotent Stem Cell*). Esse tipo celular é produzido quando células de um pedaço de tecido humano são induzidas a retornar a um estado mais primitivo, indiferenciado, tão versátil quanto o estágio de células-tronco embrionárias. Vários estudos têm sido conduzidos com células iPS (Stadtefeld et al., 2008, Zhao et al., 2008, Hotta & Ellis, 2008). O Instituto de Ciências Biomédicas da Universidade Federal do Rio de Janeiro anunciou pela primeira vez no Brasil a criação de duas linhagens de células iPS humanas; segundo os pesquisadores da UFRJ, o domínio da técnica de reprogramação celular possibilita ao país a criação de modelos para o estudo de doenças como Parkinson, esquizofrenia, cardiopatias, além de doenças genéticas como síndrome de Down, distrofia muscular, etc. (http://www.anato.ufrj.br/ips). A utilização de células iPS em pesquisas contornam os problemas éticos referentes à uti-

lização de embriões, pois estas são células com características embrionárias humanas obtidas de células reprogramadas de tecidos adultos.

d. *Embriões*: alternativa para as limitações referentes ao uso de células-tronco adultas, além da utilização de células reprogramadas iPS, é o uso de células-tronco embrionárias para fins terapêuticos, obtidas tanto pela transferência de núcleo como de embriões descartados em clínicas de fertilização (Zatz, 2004). De acordo com Bydlowski et al. (2009, p.46): *Estas células-tronco geralmente podem ser mantidas em um estado indiferenciado sem perda do potencial de diferenciação, embora possam desenvolver anormalidades cariotípicas quando mantidas em cultura por longos períodos de tempo*.

e. Ainda há outras fontes de células-tronco: as células fetais encontradas no líquido amniótico, que, por serem capazes de se diferenciar em múltiplas linhagens celulares, apresentam grande potencial para ser utilizadas em terapia celular. Conforme Bydlowski et al. (2009, p.46),

> a descoberta de células-tronco no líquido amniótico que expressavam Oct-4, um marcador específico de pluripotencialidade, com alta capacidade de proliferação e diferenciação, iniciou um novo campo promissor na área das células-tronco. [...] Não formam tumores *in vivo* e não levantam os questionamentos éticos associados com as células-tronco embrionárias humanas. Futuras investigações revelarão se as células-tronco do líquido amniótico realmente irão representar um tipo intermediário com vantagens em relação tanto às células-tronco embrionárias quanto às adultas.

Questões éticas estão envolvidas nos debates acerca da utilização das células-tronco embrionárias em pesquisas científicas, uma vez que isso implicaria a destruição do embrião pré-implantatório. Os pesquisadores alegam que os embriões pré-implantatórios empregados nos estudos seriam aqueles descartados por clínicas

especializadas em fertilização *in vitro*. Sabe-se que, geralmente, para a obtenção de sucesso nos procedimentos de fertilização *in vitro*, vários embriões pré-implantatórios são produzidos, mas nem todos são implantados no útero da mulher. De acordo com a Lei Brasileira de Biossegurança n. 11.105, de 24 de março de 2005, aqueles embriões não implantados, que foram congelados por no mínimo três anos e são considerados inviáveis,[10] desde que os pais autorizem, podem ser utilizados para pesquisas com células-tronco. Diz o artigo 5º:

> É permitida, para fins de pesquisa e terapia, a utilização de células-tronco embrionárias obtidas de embriões humanos produzidos por fertilização *in vitro* e não utilizados no respectivo procedimento, atendidas as seguintes condições:
>
> I – sejam embriões inviáveis; ou
>
> II – sejam embriões congelados há três anos ou mais, na data da publicação desta Lei, ou que, já congelados na data da publicação desta Lei, depois de completarem 3 (três) anos, contados a partir da data de congelamento.
>
> § 1º Em qualquer caso, é necessário o consentimento dos genitores.
>
> § 2º Instituições de pesquisa e serviços de saúde que realizem pesquisa ou terapia com células-tronco embrionárias humanas deverão submeter seus projetos à apreciação e aprovação dos respectivos comitês de ética em pesquisa. (Brasil, 2005)

A questão-chave sobre a utilização ou não dos embriões pré-implantatórios inviáveis de clínicas de reprodução assistida para pesquisa com células-tronco se encontra na falta de consenso sobre em que momento do desenvolvimento do ser humano o embrião pode ser considerado uma vida. Segundo estudos embriológicos, o início da vida se dá a partir da fecundação. Apesar disso, alguns

---

10. Do ponto de vista do desenvolvimento das pesquisas, não há interesse na realização de estudos com embriões inviáveis, pois não se faz cultura de células mortas ou em processo de morte.

pesquisadores dizem que o embrião só pode ser considerado uma vida quando ocorre o processo de nidação (quando o embrião adere à parede do útero). Uma terceira corrente afirma que o embrião pode ser considerado uma vida quando se dá o início do desenvolvimento do sistema nervoso, ou seja, do tubo neural, cuja formação ocorre em duas etapas distintas designadas de neurulação[11] primária e secundária.

Em relação às pesquisas com células-tronco no Brasil, há uma polaridade de opiniões: de um lado, estão os cientistas otimistas quanto aos futuros resultados das pesquisas com células-tronco embrionárias; do outro, grupos religiosos que acreditam que essas pesquisas são atentados à vida humana. Alguns cientistas partilham dessa opinião e entendem que as pesquisas com células-tronco adultas são mais promissoras, inclusive com resultados já alcançados em humanos, enquanto os estudos com células-tronco embrionárias, além do problema ético, demandariam mais tempo e mais verba para a obtenção de resultados em humanos (Ferreira, 2008).

Diante dessa celeuma, em 20 de abril de 2007, o Supremo Tribunal Federal do Brasil, conforme já mencionado, realizou a primeira audiência pública na sua história para debater o artigo 5º da Lei de Biossegurança (Lei n. 11.105). Isto ocorreu em razão de uma ação do Ministério Público Federal, que apontou o artigo 5º da Lei de Biossegurança como inconstitucional. Durante a votação, realizada no dia 3 de março de 2008, o ministro do Supremo Tribunal Federal pediu vistas ao processo e por isso a decisão sobre o uso das células-tronco embrionárias em pesquisas científicas foi adiada.[12]

---

11. A neurulação primária pode ser definida como a formação do tubo neural da região lombar alta até a região craniana. Após a concepção, por volta de 24 a 28 dias, a placa neural se fecha, formando o tubo neural. A estrutura final compreende a coluna vertebral e o cérebro. A neurulação secundária é a formação do tubo neural da região lombar e sacral e se completa por volta da sétima semana de gestação (Thame et al., 1998).
12. Em 29 de maio de 2008, o Supremo Tribunal Federal decidiu pela liberação das pesquisas com células-tronco embrionárias.

Divulgação científica, biotecnologia e bioética na sala de aula

Com relação ao ambiente escolar, é interessante ressaltar que os professores de Ciências e Biologia dos ensinos fundamental e médio, respectivamente, em geral fazem uso dos textos de divulgação científica, seja no preparo de suas aulas, seja como ferramenta de ensino para ministrar ou complementar determinado conteúdo, costumeiramente relacionado à biotecnologia.

De acordo com Nascimento & Alvetti (2006), os temas contemporâneos estão sendo incorporados nos livros didáticos de Biologia, porém não há necessariamente uma modificação estrutural nos livros. Em geral, os textos sobre assuntos contemporâneos aparecem em "seções especiais, apêndices ou quadros (*boxes*) no decorrer dos capítulos ou junto das atividades e exercícios" (Nascimento & Alvetti, 2006, p.32). Para eles, essa forma de apresentação dos conteúdos pode evidenciar uma desvalorização dos conhecimentos científicos atuais, uma vez que não há uma sistematização e uma relação destes com os conceitos básicos da área. Outro aspecto destacado pelos autores é a utilização pelos professores, em suas aulas, de textos de divulgação científica publicados em revistas e jornais. Há também uma tendência entre os autores de adaptação dos textos de divulgação para os livros didáticos. Nascimento & Alvetti (2006) ressaltaram que

> os textos de divulgação científica são produzidos por jornalistas e/ou cientistas que não têm como foco o ensino formal de ciências uma vez que seu principal objetivo é veicular informações científicas para um público de não especialistas, portanto não apresentando originalmente um caráter didático inerente à prática escolar. Essa característica acaba por destacar o papel que nós professores exercemos quando no momento de seleção, adaptação e introdução dos textos de divulgação científica nas aulas, mediação esta que possui um caráter distinto daquela que é feita pelo professor durante o uso do livro didático. (Nascimento & Alvetti, 2006, p.37)

A transposição didática, conforme Chevallard (1991), está relacionada às transformações sofridas pelo conceito científico quando este é inserido no contexto escolar. O autor chama o conhecimento produzido na academia de "saber sábio" e o conhecimento escolar de "saber ensinado". Há ainda o "saber a ser ensinado" que está contido nos programas escolares e nos livros didáticos.

Um conceito importante na obra de Chevallard (1991) é o de noosfera. O autor a considerou o centro operacional do processo de transposição didática, de onde emergem os conflitos entre os sistemas de ensino e o entorno (sociedade) quando o saber ensinado se torna ultrapassado, envelhecido, banalizado em relação ao saber sábio, ou seja, quando há uma incompatibilidade entre o sistema de ensino e o seu entorno, verificada pela insatisfação e interferência dos acadêmicos, dos professores e dos pais. Para Chevallard (1991), a própria noosfera busca um reequilíbrio, selecionando os elementos do saber sábio que, designados como "saberes a serem ensinados", serão submetidos ao trabalho de transposição didática.

No caso do livro didático, os conceitos científicos ali presentes sofreram um processo de transposição didática, tornando-se "saberes a serem ensinados". Estes, por sua vez, sofrerão outras modificações, ou seja, outras transposições, até se tornarem "saberes ensinados". Para Chevallard, o saber acadêmico é um saber de referência que legitima o saber a ser ensinado.

Astolfi & Develay (1990) atentaram ao fato de que o saber ensinado muitas vezes não possui uma equivalência com o saber sábio, originando uma "epistemologia escolar" que não tem referência na epistemologia produzida pela comunidade científica. Dessa maneira, para se pensar no conjunto de transformações que deverão nortear a produção do saber ensinado a partir do saber sábio, é imprescindível que se exerça uma vigilância epistemológica.

Sabemos que os conhecimentos científicos originados na academia se modificam ao longo do tempo e que eles passam por um complexo processo até serem aceitos pela comunidade científica. Com relação às Ciências Biológicas, a rapidez dos avanços dificulta a inserção destes no contexto escolar. Assim, os textos de divul-

gação científica, levados à sala de aula pelos professores ou incorporados aos livros didáticos, estabelecem uma ponte entre o saber sábio e o saber ensinado. Uma vez utilizados pelos professores, os textos de divulgação passam então por um novo processo de transposição didática. No caso dos avanços tecnológicos e científicos e suas implicações éticas, entendemos que o professor realiza um processo que vai além da transposição didática em que o saber sábio é o legitimador do saber ensinado. Preferimos nomear esse processo, assim como Lopes (1997), de mediação didática.

Desenvolvimento da pesquisa

Exposição Ciência e (In)Tolerância

No presente capítulo, conforme já mencionado, discutiremos apenas o painel 2, referente ao tema bioética e correspondente às células-tronco. Antes, porém, precisamos mencionar que o painel sobre fertilização *in vitro* foi importante para mostrar a origem dos embriões pré-implantatórios e extranumerários que são pleiteados para o desenvolvimento das pesquisas com células-tronco embrionárias (Figura 1). Ao visualizar esse painel, dois aspectos bioéticos podem ser considerados:

1. A questão dos embriões pré-implantatórios excedentes ou extranumerários.
2. Avaliação genética antes da transferência do embrião para o útero. Quais os critérios de escolha dos embriões a serem implantados?

Na medida em que a ciência avança, identificam-se cada vez mais genes relacionados às características físicas e intelectuais de uma pessoa. Portanto, são maiores as chances de se manipular características não por motivo de doenças letais, mas por motivos fú-

Figura 1 – Painel sobre fertilização *in vitro* da Exposição Ciência e (In) Tolerância

teis como alterar a cor dos olhos. A Figura 2 apresenta o painel referente às células-tronco. Além de informações básicas acerca do tema, ao elaborarmos esse painel pensamos em suscitar nos expectadores as seguintes reflexões:

1. A questão da utilização dos embriões advindos de clínicas de fertilização *in vitro* em pesquisas sobre células-tronco (Lei de Biossegurança).
2. A discussão sobre o momento em que a vida se inicia e quando um embrião pode ser considerado uma pessoa.
3. A questão da clonagem terapêutica.
4. A questão de as clínicas especializadas privadas preservarem o sangue do cordão umbilical de recém-nascidos para possíveis tratamentos do bebê no futuro. Como implementar políticas públicas que permitam o acesso aos resultados das pesquisas a todos?

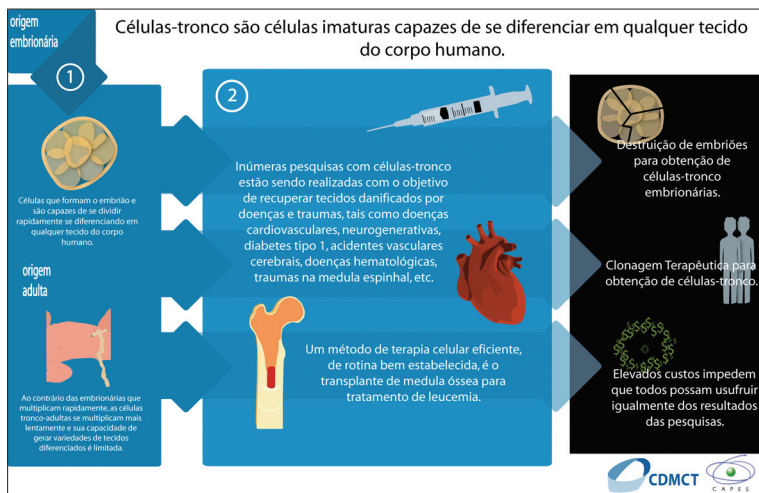



Figura 2 – Painel sobre células-tronco apresentado na Exposição Ciência e (In)Tolerância

Coleta e análise dos dados

A exposição dos painéis percorreu, até o momento, dez escolas de Bauru e região. Algumas escolas de outros estados, tais como Rio de Janeiro e Santa Catarina, também fizeram uso dos painéis, por meio do acesso à página da Internet. Em geral, as solicitações são feitas pelo telefone ou por *e-mail*. Na maioria dos casos, somos responsáveis pelo transporte dos painéis à escola. Eles permanecem lá por cerca de uma semana. Há necessidade de uma sala ampla para acomodá-los, pois cada um tem 1,5 m × 2,0 m. Juntamente com os painéis, as escolas recebem os cadernos de uso exclusivo do professor e cópias de dois questionários que devem ser aplicados aos alunos e aos professores, respectivamente. No questionário constam questões estruturadas e de múltipla escolha e servem como parâmetro para avaliarmos a exposição. Os resultados apresentados a seguir referem-se aos dados obtidos a partir da aplicação do questionário a 95 alunos do ensino médio pertencentes a duas escolas públicas do município de Bauru, após a realização da exposição.

Analisamos as seguintes perguntas presentes no questionário direcionado aos alunos de ensino médio:

1. Qual(is) do(s) assunto(s) abordado(s) nos painéis você achou mais interessante? Nessa questão, fornecemos uma lista com os nomes dos painéis e os alunos assinalaram aquele ou aqueles pelos quais se interessaram.
2. Por quê? Nessa questão aberta, os alunos deveriam justificar o motivo da escolha mencionada na questão anterior.

Os dados foram analisados com relação à:

1. Escolha em porcentagens dos painéis pelos alunos.
2. Justificativa dada pelos alunos para a escolha. Nesse caso, estabelecemos categorias para análise das respostas (Flick, 2004).

No presente artigo, analisamos as respostas dos questionários aplicados em 95 alunos de ensino médio. Com base na análise dos dados, constatamos que 62 alunos, isto é, 65% (n = 95), demonstraram maior interesse pelo Painel 2 (células-tronco). Esse foi o painel que mais chamou a atenção dos alunos. Lembramos que os alunos poderiam escolher mais de uma opção. Com relação às justificativas da escolha do painel sobre células-tronco, categorizamos as respostas, conforme apresentado na Tabela 1.

Conforme os dados apresentados na Tabela 1, a maioria dos alunos (34%) justificou a escolha do painel que aborda o conteúdo sobre células-tronco mencionando os benefícios da aplicação das pesquisas, ou seja, possibilidade de cura ou tratamento de doenças. Do total dos alunos, 21% justificaram o seu interesse por ser um tema importante, polêmico e atual, mas não mencionaram o motivo das controvérsias.

Tabela 1 – Categorias e valores (em porcentagem), obtidos com base na análise das respostas dos alunos que visitaram a exposição

	CATEGORIAS	DESCRIÇÃO DAS CATEGORIAS	EXEMPLOS
1	Relação com a cura ou tratamento de doenças (34%)	As respostas pertencentes a essa categoria evidenciaram os benefícios da aplicação das pesquisas com células-tronco. Em alguns casos, relacionaram o painel sobre células-tronco ao sobre fertilização *in vitro*.	É um assunto importante porque muitas vidas podem ser salvas com esse procedimento das células-tronco. Com as células-tronco, muitas pessoas serão curadas. Fertilização: é bom saber como funciona esse processo, pois se no futuro alguém tiver problemas para engravidar não terá medo nem vergonha de passar por isso. Células--tronco: ajuda a descobrir cura para algumas doenças.
2	Respostas lacônicas ou em branco (29%)	Quando a justificativa dada corresponde ao próprio enunciado da questão, ou seja, "achei o painel interessante porque ele é interessante".	É um assunto interessante. Foi o que mais me chamou atenção. Acho apenas interessante. Me fez pensar (*sic*).
3	Assunto importante, polêmico e atual (21%)	Nesse caso, a justificativa dada à escolha está relacionada à importância do assunto, por ser polêmico ou atual. Aqui, notamos associação entre assunto polêmico ou atual à sua divulgação via mídia.	Importante entender os processos de fertilização *in vitro* e células-tronco, pois são assuntos abordados na mídia. Assunto muito polêmico e tem muita importância para o futuro. Porque é um campo que gera muita discussão e polêmica.

(cont.)

(continuação)

	CATEGORIAS	DESCRIÇÃO DAS CATEGORIAS	EXEMPLOS
4	Aumento no conhecimento sobre o assunto (5%)	Algumas justificativas mencionaram que a leitura ou observação do conteúdo dos painéis possibilitou um aumento no conhecimento sobre o assunto.	Porque pude ter mais conhecimentos desses temas, nos quais eu era desinteressada. Porque são assuntos importantes, mas que passam despercebidos pela maioria do povo e nos ajuda a entender os pontos fracos e fortes de cada um.
5	Gostou do conteúdo dos painéis (4%)	Alguns alunos justificaram a escolha do tema dizendo que gostaram da forma de apresentação dos conteúdos ou das informações presentes no painel.	Gostei das informações que passaram sobre o assunto. Foram temas diferentes e passados de forma bastante interativa.
6	Há falta de informação sobre o assunto (4%)	Nessa categoria, estão as respostas que mencionam as necessidades de as pessoas obterem informações sobre o assunto. No entanto, elas não apareceram isoladamente, mas sempre cruzadas com outras categorias. O exemplo dado se encaixa em três das categorias por nós estabelecidas, ou seja, na categoria 4 (aumentou o conhecimento sobre o assunto), na categoria 5 (gostou do conteúdo dos painéis) e na categoria 6 (há falta de informações sobre o assunto).	Porque é um assunto que não é muito comentado. Muitas pessoas têm dúvidas ou não sabem do que se trata. Na exposição, esse conteúdo foi muito bem explicado e eu consegui esclarecer e aprender mais sobre o assunto.
7	A justificativa é uma questão pessoal (3%)	Em uma única resposta analisada a justificativa da escolha foi uma questão familiar, isto é, referiu-se a alguma doença citada no painel.	Porque tenho um irmão que teve isso.

Esses dados revelam um aspecto interessante: em nenhuma das respostas analisadas foram mencionadas questões éticas e morais relacionadas ao uso de embriões em pesquisas científicas, apesar de o painel sobre células-tronco as abordar explicitamente. Há pelo menos duas possibilidades de explicação: a primeira sugere que os alunos ficaram admirados com a expectativa de cura ou tratamento de doenças advindas das pesquisas com células-tronco embrionárias ou adultas, em detrimento das questões éticas e morais envolvidas. Essa visão é bastante semelhante à divulgada pela mídia, cuja preocupação é ressaltar o aspecto prático e imediato das pesquisas científicas em desenvolvimento. Embora não tenha sido analisada neste estudo, destacamos a resposta de um aluno que, ao apontar o painel sobre fertilização *in vitro* como o mais interessante, justificou o motivo da escolha do seguinte modo: "Achei interessante que dá para escolher a cor dos olhos do bebê, essas coisas". Ao que tudo indica, as possibilidades das aplicações dos avanços científicos sensibilizaram os alunos de tal forma que as questões éticas e morais foram ofuscadas.

A segunda explicação é que nos painéis essas questões não estão devidamente enfatizadas, ou seja, talvez as imagens por nós utilizadas não tenham ocasionado o impacto esperado com relação à reflexão ética e moral acerca dos avanços científicos. A nossa expectativa era a de que os painéis fossem autoexplicativos, o que em outras palavras significa dizer que não haveria necessidade de um monitor para acompanhar o grupo e auxiliar na interpretação das imagens. Porém, na prática, aparentemente isso não ocorreu. Tendo em vista a importância e o caráter polêmico do tema, está em fase final de elaboração um novo conjunto de painéis aprofundando os aspectos científicos e éticos da utilização de células-tronco embrionárias nas pesquisas para terapias ou curas de doenças.

Considerações finais

Com base na análise dos dados é possível concluir:

1. De todos os temas abordados na exposição, o painel sobre células-tronco foi o que mais despertou o interesse dos alunos, sendo indicado por aproximadamente 65% deles.
2. Os alunos que indicaram o painel sobre células-tronco, quando questionados sobre o motivo da escolha, responderam de forma bastante semelhante à divulgada pela mídia, cuja preocupação é ressaltar o aspecto prático e imediato das pesquisas científicas em desenvolvimento.
3. Nas respostas dadas pelos alunos nenhuma questão ética relacionada ao uso de embriões nas pesquisas com células-tronco foi mencionada.

Esses itens possibilitam um questionamento interessante: Quem educa os alunos acerca dos avanços da ciência contemporânea? A escola ou a mídia? A similaridade entre as respostas por nós obtidas e as informações divulgadas pela mídia nos direciona à hipótese de que esse papel tem sido realizado pela mídia. Reforça essa ideia a ausência de discussões éticas nos tópicos relativos a temas biotecnológicos presentes nos livros didáticos.

Ainda que possamos dizer que na escola é possível ensinar e que os demais meios são predominantemente informativos, não podemos mais desconsiderar a enorme quantidade de informação que circula no espaço não escolar. Tentar blindar o ambiente escolar dessa avalanche de informações, sem que os conteúdos escolares passem por drásticas transformações, é praticamente impossível. Urge, portanto, que discutamos novas pesquisas que ampliem os contextos de aprendizagem para que possamos dar respostas a como sistematizar e avaliar a formação de conhecimentos para além da sala de aula. Torna-se imprescindível também discutirmos e analisarmos a educação que acontece fora do domínio escolar, isto

é, na multiplicidade de meios de divulgação. Esses aspectos são objetos de estudos em desenvolvimento no CDMCT.

Referências bibliográficas

ARAUJO, E. S. N. N. de, CALUZI, J. J., CALDEIRA, A. M. de A. Divulgação e cultura científica. In: _____ (Org.). *Divulgação científica e Ensino de Ciências:* estudos e experiências. São Paulo: Escrituras, 2006. p.15-34.

_____, TIZIOTO, P. C., CALUZI, J. J. *Ciência e (In)tolerância*. Bauru: Faculdade de Ciências, 2007.

ASTOLFI, J. P., DEVELAY, M. *A didática das ciências*. Campinas: Papirus, 1990.

BRASIL. Lei n. 11.105, de 24 de março de 2005. Disponível em <http:// www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2004-2006/2005/Lei/L11105.htm>. Acesso em 20/4/2007.

BERNARD, J. *Da biologia à ética:* novos poderes da ciência novos deveres do homem. Trad. Cristina Albuquerque. Publicações Europa-América, 1990.

BUENO, W. da C. Jornalismo científico: conceito e funções. *Ciência e Cultura*, v.37, n.9, p.1420-8, set. 1985.

BYDLOWSKI, S. P. et al. Células-tronco do líquido amniótico. *Rev. Bras. Hematologia e Hemoterapia*, v.31 (Supl. 1), p.45-52, 2009.

CHEVALLARD, Y. *La transposición didáctica*: del saber sábio al saber enseñado. Buenos Aires: Aique, 1991.

COPPI, P. et al. Isolation of amniotic stem cell lines with potential for therapy. *Nature Biotechnology*, n.25, p.100-6, 2007.

DESTÁCIO, M. C. Jornalismo científico e divulgação científica. In: KREINZ, G., PAVAN, C. *Ética e divulgação científica*: os desafios no novo século. v.5. São Paulo. ECA/USP, 2002. (Coleção Divulgação Científica).

DURAND, G. *Introdução geral à bioética:* história, conceitos e instrumentos. Trad. Nicolás Nyimi Campanário. São Paulo: Editora do Centro Universitário São Camilo, Edições Loyola, 2003.

FERREIRA, A. T. Histórico da pesquisa com células embrionárias humanas. Disponível em <http://www.sociedadecatolica.com.br/modules/smartsection/item.php?itemid=139>. Acesso em 27/5/2008.

FLICK, U. *Uma introdução à pesquisa qualitativa*. Porto Alegre: Bookman, 2004.

GARRAFA, V. Bioética e ética profissional: esclarecendo a questão. *Jornal do Conselho Federal de Medicina*, v.12, n.98, set. 1998.

_____. Da bioética de princípios a uma bioética interventiva. *Revista do Conselho Regional de Medicina*, v.13, n.1, p.125-34, 2006.

GOULD, S. J. *A falsa medida do homem*. São Paulo: Martins Fontes, 1999.

HOTTA, A., ELLIS, J. Retroviral vector silencing during iPS cell induction: an epigenetic beacon that signals distinct pluripotent states. *J. Cell Biochem*, v.2, n.3, 2008.

IVANISSEVICH, A. A mídia como intérprete: como popularizar a ciência com responsabilidade e sem sensacionalismo. In: VILAS BOAS, S. (Org.). *Formação & informação*: jornalismo para iniciados e leigos. São Paulo: Summus, 2005.

LOPES, A. R. C. Conhecimento escolar: processos de seleção cultural e mediação didática. *Educação & Realidade (Porto Alegre)*, v.22, n.1, p.95-112, jan.-jun. 1997.

MANTELL, S. H. et al. *Princípios de biotecnologia em plantas*: uma introdução à engenharia genética em plantas. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1994.

MARTINS, R. de A. Como distorcer a Física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica 1 – Física clássica. *Caderno Catarinense do Ensino de Física*, n.3, p.243-64, dez. 1998.

NASCIMENTO, T. G., ALVETTI, M. A. S. Temas científicos contemporâneos no ensino de Biologia e Física. *Ciência & Ensino*, v.1, n.1, dez. 2006.

ODORICO, J. S., KAUFMAN, D. S., THOMSON, J. A. Multilineage differentiation from human embryonic stem cell lines. *Stem Cells*, v.19, p.193-204, 2001.

POTTER, V. R. Bioethics, the science of survival. *Perspectives in Biology and Medicine*, v.14, p.127-53, 1970.

POTTER, V. R. Palestra apresentada em vídeo no IV Congresso Mundial de Bioética. Tóquio/Japão: 4 a 7 de novembro de 1998. Texto publicado em *O Mundo da Saúde*, v.22, n.6, p.370-4, 1998.

PRANKE, P. A importância de discutir o uso de células-tronco embrionárias para fins terapêuticos. *Cienc. Cult. (São Paulo)*, v.56, n.3, jul.-set. 2004.

SCHRAMM, F. R. *Bioética da proteção no uso de células-tronco*. V Encontro de Bioética do Cremerj, 22-23 de julho de 2004. Disponível em <http://www.ghente.org/temas/celulas-tronco/ARTIGO%20ROLAND_BIOETICA.pdf>. Acesso em 23/5/2010.

SILVA, F. L. e. A bioética como ética aplicada. In: KREINZ, G., PAVAN, C. *Ética e divulgação científica:* os desafios no novo século. v.5. São Paulo. ECA/USP, 2002. (Coleção Divulgação Científica).

STADTFELD, M. et. al. Defining molecular cornerstones during fibroblast to iPS cell reprogramming in mouse. *Cell Stem Cell*, v.2, p.230-40, 2008.

THAME, G. et al. Folato, vitamina B12 e ferritina sérica e defeitos do tubo neural. *Revista Brasileira de Ginecologia e Obstetrícia*, v.20, n.8, 1998.

THOMSON, J. A. et al. Embryonic stem cell lines derived from human blastocysts. *Science*, v.282, n.5391, p.1145-57, 1998.

ZHAO et al. Two supporting factors greatly improve the efficiency of human iPSC generation. *Cell Stem Cell*, v.3, n.5, p.475-9, 2008.

ZAMBONI, L. M. S. *Cientistas, jornalistas e a divulgação científica*: subjetividade e heterogeneidade no discurso da divulgação científica. Campinas: Autores Associados, 2001.

ZATZ, M. Clonagem e células-tronco. *Estudos Avançados (São Paulo)*, v.18, n.51, 2004. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-40142004000200016&lng=en&nrm=iso>. Acesso em 27/9/2007.

3

Ensino de física e ciências para alunos com deficiência visual e outras deficiências: processo de implantação de nova linha de pesquisa[1]

Eder Pires de Camargo[2]
Roberto Nardi[3]
Paola Trama Alves dos Anjos[4]

Introdução

Objetiva-se descrever e analisar o desenvolvimento da implantação de linha de pesquisa relacionada ao Ensino de Física e Ciências para alunos com deficiência visual e outras deficiências. Para tanto, as seguintes ações vêm sendo adotadas:

---

1. Apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico.
2. Departamento de Física e Química, Faculdade de Engenharia, UNESP, Campus de Ilha Solteira e Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência (Área de Concentração: Ensino de Ciências), Faculdade de Ciências, UNESP, Campus de Bauru. *e-mail*: camargoep@dfq.feis.unesp.br.
3. Departamento de Educação e Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência (Área de Concentração: Ensino de Ciências), Faculdade de Ciências, UNESP, Campus de Bauru. *e-mail:* nardi@fc.unesp.br.
4. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência (Área de Concentração: Ensino de Ciências), Faculdade de Ciências, UNESP, Campus de Bauru. *e-mail:* paolatrama@yahoo.com.br.

(a) Oferecimento de disciplinas, em nível de graduação e pós-graduação, no curso de licenciatura em Física da UNESP de Ilha Solteira (SP), e ao Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da UNESP de Bauru (SP), sobre inclusão de alunos com deficiências em aulas de Física/Ciências.
(b) Produção de trabalhos de conclusão de disciplinas e de conclusão de curso sobre o tema foco de investigação.
(c) Publicação de artigos.
(d) Orientação de trabalhos de graduação, de mestrado e doutorado.
(e) Estruturação de um laboratório didático/instrumental que dá suporte às investigações e trabalhos realizados. Para que a linha se desenvolva, existe o apoio do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), que financia a construção do laboratório mencionado. Pretendemos contribuir ao Ensino de Física e Ciências proporcionando um lócus que fomente a realização de investigações sobre a temática discutida, investigações estas que começam a ganhar corpo no Brasil, mas que precisam avançar muito mais para que as necessidades educacionais dos alunos com deficiências em aulas de Física e Ciências possam ser plenamente atendidas.

A valorização da implantação de linha de pesquisa relacionada à inclusão de alunos com deficiências em aulas de Física/Ciências justifica-se por ao menos três argumentos:

(1) Coloca em evidência a relação entre Ensino de Física/Ciências e diversidade humana. Assim, traz à tona discussões inerentes a perfis e ritmos de aprendizagem, utilização de múltiplas percepções no ensino dessas áreas (Soler, 1999), e a consideração da existência de uma variedade de inteligências capazes de assimilar de forma heterogênea os saberes científicos.
(2) Crescente aumento dos alunos com deficiências na rede regular de ensino. Segundo os dados do censo escolar de 2008, o acréscimo de matrículas de alunos com deficiência na rede regular

de ensino foi de 755,5%, passando de 43.923 alunos em 1998 para 375.755 em 2008 (Brasil, 2009).

(3) Põe em pauta a relação entre tipo de deficiência e características de uma determinada disciplina escolar. Neste sentido, avança em relação aos princípios gerais de inclusão, dando voz às características intrínsecas relacionadas às tipologias dos conteúdos escolares e das diferentes deficiências. Quanto a esse aspecto, discordamos de Mantoan (2003), que propõe uma escola inclusiva fundamentada na descaracterização serial e do currículo. Embora a organização das séries escolares possa sofrer alterações e flexibilização, e o currículo necessite ser enfocado de maneira interdisciplinar, entendemos que características etárias e curriculares devam ser consideradas na organização escolar e na forma de abordagem dos conteúdos disciplinares. Isso implica dizer que incluir alunos com deficiências em aulas de Física, Química, Matemática, Língua Portuguesa, etc., exibe normativas comuns, que serão descritas na sequência, e variáveis específicas relacionadas ao tipo de deficiência e conteúdo escolar. Essas normativas e variáveis devem ser respeitadas e consideradas no processo de construção de uma didática inclusiva, processo este que não é simples.

As normativas comuns relacionadas às ideias inclusivistas são descritas pelas variáveis:

(1) Posição contrária aos movimentos de homogeneização e normalização (Sassaki, 1999).
(2) Defesa do direito à diferença, à heterogeneidade e à diversidade (Rodrigues, 2003).

Essas normativas podem ser mais bem entendidas por meio de seis polos norteadores, a saber:

(a) O aluno com deficiência deve ser educado nas escolas próximas a sua casa.

(b) O percentual de alunos com deficiências em cada classe deve ser representativo de sua prevalência.
(c) As escolas devem pautar-se pelo princípio da "rejeição zero".
(d) Os alunos com deficiências devem ser educados na escola regular, em ambientes apropriados a sua idade e nível de ensino.
(e) O ensino em cooperação e a tutoria de pares são métodos de ensino preferenciais.
(f) Os apoios dados pelos serviços de educação especial não são exclusividade dos alunos com deficiências (Correia, 2006).

Fundamentado na temática indicada, o presente artigo descreve e analisa o processo de implantação de linha de pesquisa relacionada ao Ensino de Física e Ciências para alunos com deficiência visual e outras deficiências. Essa implantação vem ocorrendo por meio da realização de um conjunto de trabalhos elaborados por pesquisadores ligados à linha discutida. Serão expostas as fontes motivadoras para a realização de investigações, as investigações já realizadas e em desenvolvimento, e possibilidades investigativas futuras. Durante a apresentação das fontes motivadoras, serão enfocados os objetivos principais, o processo de desenvolvimento, os resultados finais e os efeitos futuros inerentes a cada fonte motivadora.

Metodologia e categorias de análise dos dados

A análise dos dados (fontes motivadoras, trabalhos e pesquisadores) se dará em razão de duas categorias, a saber:

1) Cenário inicial: possui duas finalidades:

(1.1) Descrever o cenário que deu origem às motivações dos trabalhos realizados em dois períodos (período 1: 2005/2007, e período 2: 2008/abril de 2010). O período 1 pode ser compreendido como um momento antecessor ao do desenvolvimento sistemático da implantação da nova linha

de pesquisa. É o período de realização de atividades motivadoras para o desenvolvimento de trabalhos sobre Ensino de Física e alunos com deficiências sem que tais atividades fossem orientadas por uma organização sistemática investigativa. Essa organização deu-se no período 2, período de desenvolvimento de um plano de pesquisa (vinculado ao auxílio pelo CNPQ.

(1.2) Destacar as fontes motivadoras para o desenvolvimento de trabalhos. Essas fontes correspondem às disciplinas ministradas e que influíram na motivação para o desenvolvimento de trabalhos. Exceção faz-se à primeira fonte, que representa motivação particular de um determinado pesquisador. Nessa fonte estão incluídos pesquisadores que nos procuraram espontaneamente. As fontes motivadoras são representadas pela letra F com um número que a identifica e a classifica segundo a ordem de ocorrência. A interpretação das fontes motivadoras será orientada por quatro subcategorias: (a) objetivo principal, (b) processo de desenvolvimento, (c) produto final e (d) efeitos futuros.

2) Efeitos produzidos pelas fontes motivadoras: esses efeitos referem-se à produção de trabalhos. A tipologia dos trabalhos é a seguinte: trabalhos de conclusão de disciplinas (TCD), trabalhos de conclusão de curso (TCC), pré-projetos, projetos, dissertações de mestrado, teses de doutorado e artigos. A identificação no texto de um trabalho obedece ao seguinte critério: utilização da letra T, para simbolizar o termo "Trabalho", seguido de dois números que simbolizam o ano em que tal trabalho foi produzido, e de um número entre parênteses que representa sua ordem cronológica de produção. Apresentamos o seguinte exemplo: T06(2), que simboliza o segundo trabalho realizado no ano de 2006.

Sujeitos da pesquisa

São todos aqueles que produziram algum trabalho na área do Ensino de Física e Ciências para alunos com deficiências dentro dos cenários de investigação identificados. Objetivamos estabelecer uma descrição e controle dos caminhos percorridos pelos sujeitos, também interpretados como pesquisadores. A nomenclatura para identificar os sujeitos é a seguinte: utilizaremos a letra P, como sinônimo de "pesquisador", seguido pelos dois números finais representantes do ano em que esse sujeito envolveu-se pela primeira vez com as investigações e por um número entre parênteses cuja finalidade é distinguir os pesquisadores. Como exemplo, apresentamos P07(4), que simboliza o quarto pesquisador que se envolveu com as investigações no ano de 2007.

Cenários e fontes motivadoras

Cenário 1: constituído por quatro fontes motivadoras:

Fonte 1 (F-1): interesse particular: procura pelos pesquisadores de interessados em desenvolver pesquisas sobre temas relacionados ao Ensino de Física e Ciências para alunos com deficiências. Essa procura não é influenciada por qualquer uma das fontes motivadoras descritas na sequência.

Fonte 2 (F-2): disciplina Prática de Ensino de Física realizada durante o ano de 2005 no curso de licenciatura em Física da UNESP de Bauru. Essa disciplina fez parte do desenvolvimento de um projeto de pós-doutorado que visou identificar saberes docentes relacionados ao planejamento e à condução de atividades de Ensino de Física para alunos com e sem deficiência visual (Camargo, 2006, 2010).

Fonte 3 (F-3): disciplina de pós-graduação O Ensino de Ciências e a Inclusão Escolar de Alunos com Necessidades Educacionais Especiais oferecida no ano de 2005 no Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da UNESP de Bauru.

Fonte 4 (F-4): disciplina optativa de natureza teórica O Ensino de Ciências e a Inclusão Escolar de Alunos com Necessidades Educacionais Especiais, oferecida em 2007 para o curso de licenciatura em Física da UNESP de Ilha Solteira.

Cenário 2: constituído por três fontes motivadoras, além da fonte 1, que será considerada nos dois cenários

Fonte 5 (F-5): Disciplina optativa de natureza teórico-prática Atividades Experimentais Multissensoriais de Ciências como Alternativa à Inclusão Escolar de Alunos com Deficiências oferecida em 2008 para o curso de licenciatura em Física da UNESP de Ilha Solteira.

Fonte 6 (F-6): disciplina de pós-graduação oferecida no ano de 2008 (idem F-3).

As disciplinas explicitadas nas fontes 3, 4 e 6 abordaram os temas de inclusão e integração, a legislação brasileira referente à inclusão escolar, a influência de distintos referenciais educacionais para a implantação de uma prática de Ensino de Ciências inclusiva, as viabilidades e dificuldades inerentes ao planejamento e condução de situações inclusivas de ensino, e recentes pesquisas relacionadas ao tema do Ensino de Ciências e da inclusão escolar.

Fonte 7 (F-7): disciplina optativa de natureza teórico-prática oferecida em 2009 (idem F-5).

A disciplina explicitada nas fontes 5 e 7 tem duração semestral, e vem sendo, a partir de 2008, oferecida anualmente. Seus objetivos são os seguintes: (a) produzir materiais, equipamentos e experimentos multissensoriais de Física/Ciências; (b) promover a reflexão de futuros professores em Física/Ciências acerca da realidade escolar que contempla a presença de alunos com deficiência; (c) discutir a função de todas as percepções sensoriais durante os processos de observação, reflexão e análise de fenômenos científicos; (d) destacar a importância das percepções não visuais para a construção de conhecimentos em Ciências; (e) enfatizar a ideia de que materiais instrucionais de interface multissensorial, além de cria-

rem canais de comunicação entre alunos com deficiências, docente e fenômeno estudado, contribuem para a construção do conhecimento científico de todos os discentes.

Análise dos dados e resultados

Visando situar o leitor em relação ao desenvolvimento da linha de pesquisa no contexto dos dois cenários investigativos anteriormente mencionados, apresentamos o Quadro 1, que evidencia, ano a ano, as fontes motivadoras para a produção dos trabalhos, o número de pesquisadores envolvidos e o número de trabalhos produzidos.

Ano	Fontes motivadoras	Número de pesquisadores	Número de trabalhos
2005	F-2 e F-3	5	8
2006	F-1 e F-3	2	3
2007	F-1	2	2
2008	F-1, F-4, F-5 e F-6	34	29
2009	De F-1 a F-7	31	33
De janeiro a abril de 2010	Exceto F-2	5	5

Quadro 1 – Panorama geral do desenvolvimento da linha de pesquisa

Na sequência, apresentamos a análise de cada fonte motivadora.

Fonte motivadora (F-1): interesse particular.

Objetivo principal: fornecer oportunidade para que pesquisadores apresentem propostas investigativas sobre o tema foco da linha de pesquisa.

Processo de desenvolvimento: estará vinculado à tipologia do trabalho proposto para ser desenvolvido. Foram identificados os

seguintes tipos de trabalhos: projeto de iniciação científica, TCC, pré-projeto de mestrado, projeto de mestrado e artigos.

Produto final: refere-se à apresentação efetiva de um determinado trabalho ou proposta de trabalho a ser desenvolvido futuramente (ver na sequência).

Projeto de iniciação científica

Os projetos buscam colaborar com a construção do estado da arte relacionado ao Ensino de Física/Ciências para alunos com deficiências. T08(26) apresenta resultados inerentes às atas do Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF) – até 2009 – e T08(27) os inerentes às atas do Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) – até 2008 – e do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC) – até 2007.

TCC

T06(3): "A Prática de Ensino diante a inclusão de alunos com deficiências na escola regular" (Lucindo, 2006).

T08(28): "O Ensino de Física para alunos com transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH)" (Novais Junior, 2008).

Pré-projeto de mestrado

T07(2): "O Ensino de Física para cegos: luz e cores através de um material instrucional".

T09(26): "DOSVOX, JAWS e VIRTUAL VISION: investigação sobre suas potencialidades e limitações como ferramentas auxiliares no Ensino de Física".

T09(30): "Ensino de Física na disciplina de Ciências: resultados da utilização de representações tátil-visuais de fenômenos físicos em salas de aula com alunos deficientes visuais".

T09(31): "Ensinando Química ao deficiente visual no ensino superior".

T09(32): "Ensinando cores a crianças surdas-cegas por método Tadoma e odores". Obs.: O Tadoma é um método de comunicação em que a pessoa surda-cega coloca suas mãos na face de quem fala a fim de identificar a mensagem.

Projeto de mestrado

T10(2): "Ensino de Astronomia na disciplina de Ciências: a Proposta Curricular do Estado de São Paulo e sua aplicação em sala de aula com alunos deficientes visuais".

Artigos

T07(1): "Alunos com deficiência visual em um curso de Química: fatores atitudinais como dificuldades educacionais" (Camargo et al., 2007).

T09(17): "Reações de um meio universitário à participação de alunos com deficiência visual em um curso de Química" (Camargo & Santos, 2009).

Efeitos futuros: destacam-se os trabalhos apresentados por P09(14) que propôs inicialmente um pré-projeto de mestrado – T09(30) – que evoluiu para um projeto de mestrado – T10(2) – devido ao ingresso do mencionado pesquisador no Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da UNESP de Bauru.

Fonte motivadora (F-2): disciplina Prática de Ensino de Física realizada durante o ano de 2005 no curso de licenciatura em Física da UNESP de Bauru

Objetivo principal: proporcionar condições de reflexão acerca da temática "Ensino de Física para alunos com deficiência visual" por licenciandos em Física. Buscou-se influir na formação inicial desses futuros professores e investigar dificuldades e viabilidades enfrentadas por eles durante os processos de planejamento e aplicação prática de atividades em ambiente que contemplou a presença de alunos com e sem deficiência visual.

Processo de desenvolvimento: aproximadamente vinte licenciandos, na disciplina Prática de Ensino de Física oferecida pelo curso de licenciatura em Física da UNESP de Bauru em 2005,

foram colocados, nas esferas teórica e prática, diante da questão da inclusão do aluno com deficiência visual em aulas de Física. Esses licenciandos planejaram e aplicaram atividades de Ensino de Física em ambiente que contemplou 35 alunos videntes e 2 cegos. A disciplina, além de abordar os objetivos próprios de sua constituição, abordou também a temática da inclusão escolar de discentes com deficiência visual.

Produto final: (a) buscou-se dar ao licenciando preparação para atuar em sala de aula que contemple a presença de alunos com e sem deficiência visual. Tais licenciandos também devem ser capazes de trabalhar em classe com a questão da multissensorialidade (Soler, 1999), ou seja, explorar os vários sentidos durante atividades de Ensino de Física para alunos com ou sem deficiência visual; (b) realizou-se investigação que identificou saberes docentes para o planejamento e condução de aulas de Física para alunos com e sem deficiência visual (Camargo, 2006, 2010).

Efeitos futuros: elaboração, por parte de alguns licenciandos, de artigos e pré-projetos de pesquisa.

Pré-projeto de mestrado

T05(4): "Estudo sobre o ensino de Óptica num ambiente inclusivo para deficientes visuais".

T05(5): "Estudo das concepções alternativas sobre luz de alunos deficientes visuais".

Artigo

T05(1): "Ensino de Óptica para alunos com deficiência visual: análise de concepções alternativas" (Almeida et al., 2005a).

T05(2): "Inclusão escolar e deficiência visual, materiais para o ensino de Óptica em ambientes educacionais inclusivos" (Maciel Filho et al., 2005).

T05(3): "Convergências de concepções alternativas sobre Óptica entre o deficiente visual total desde o nascimento e aquele que perdeu a visão ao longo dos anos" (Almeida et al., 2005b).

T09(11): "Inclusão no Ensino de Física: materiais adequados ao ensino de eletricidade para alunos com e sem deficiência visual" (Camargo et al., 2009b).

Fonte motivadora (F-3): disciplina de pós-graduação O Ensino de Ciências e a Inclusão Escolar de Alunos com Necessidades Educacionais Especiais oferecida no ano de 2005.

Objetivo principal: abordar a relação entre Ensino de Ciências e inclusão escolar de alunos com necessidades educacionais especiais.

Processo de desenvolvimento: (a) discutiram-se os enfoques de inclusão e integração, a legislação brasileira referente à inclusão escolar, a influência de distintos referenciais educacionais para a implantação de uma prática de Ensino de Ciências inclusiva, as viabilidades e dificuldades inerentes ao planejamento e condução de situações inclusivas de ensino, e recentes pesquisas relacionadas ao tema do Ensino de Ciências e da inclusão escolar; (b) realizaram-se investigações em sala de aula que contemplaram a presença de discentes com e sem deficiência visual e elaboraram-se trabalhos de conclusão de disciplina.

Produto final: elaboração de trabalhos de conclusão de disciplina (TCD). Foram elaborados três trabalhos – T05(6), T05(7) e T05(8). Esses trabalhos estão relacionados com a aplicação de minicursos em uma classe da 8ª série do ensino fundamental. Nessa sala de aula havia a presença de um aluno com deficiência visual. Os temas abordados foram: (a) eletromagnetismo, luz e visão; (b) força e pressão; e (c) diferentes unidades de comprimento e tempo.

Efeitos futuros: foram elaborados pré-projeto de doutorado, projeto de doutorado e artigos.

Pré-projeto de doutorado

T09(24): "Desenvolvimento da visão em deficientes visuais: uma proposta utilizando interface cérebro-computador".

Projeto de doutorado

T10(4): O mesmo título de T09(24).

Artigos

T06(1): "Trabalhando conceitos de Óptica e Eletromagnetismo com alunos com deficiência visual e videntes" (Camargo et al., 2006).

T06(2): "Ensino de Ciências e Matemática num ambiente inclusivo: pressupostos didáticos e metodológicos" (Viveiros & Camargo, 2006).

T09(18): "Pressupostos e critérios pedagógicos para uma prática inclusiva para o Ensino de Física" (Camargo & Viveiros, 2009).

Destaca-se que P05(3) iniciou seus trabalhos com TCD – T05(6) –, publicou artigos – T06(1), T06(2) e T09(18) –, elaborou pré-projeto de doutorado – T09(24) – e vem desenvolvendo investigação de doutorado – T10(4), devido ao seu ingresso no Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da UNESP de Bauru. Destaca-se ainda que esse pesquisador realizou investigação de mestrado na área do Ensino de Ciências sem abordar a questão da inclusão escolar de alunos com deficiências.

Fonte motivadora (F-4): disciplina optativa de natureza teórica: O Ensino de Ciências e a Inclusão Escolar de Alunos com Necessidades Educacionais Especiais oferecida em 2007.

Objetivo principal: aproximar, do ponto de vista teórico, licenciandos em Física das teorias relacionadas com a inclusão escolar, utilização de diferentes percepções no Ensino de Física e referenciais metodológicos que favoreçam a promoção da participação efetiva de discentes com deficiências em sala de aula.

Processo de desenvolvimento: abordagem dos temas – modelo médico e social da deficiência, deficiência, incapacidade e desvantagem, nomenclatura acerca da pessoa com deficiência, interpretação do fenômeno da inclusão, as deficiências e o fenômeno da compensação e referenciais de elaboração de atividades de ensino inclusivas.

Produto final: o licenciando aproximou-se de temas relacionados com a inclusão de alunos com deficiência. Isto é fundamental, pois, com a inclusão, a matrícula de alunos com deficiências deve se dar nas escolas regulares, e os futuros professores adquiriram competências iniciais necessárias para a promoção de participação efetiva de alunos com deficiências em aulas de Física.

Efeitos futuros: trabalho de conclusão de disciplina (TCD), trabalho de conclusão de curso (TCC) e elaboração de artigo.

TCD

T09(3): esse trabalho apresenta uma maquete que representa as múltiplas reflexões realizadas pela luz no interior de uma lâmina de água. Objetiva indicar referenciais táteis e visuais relacionados com os princípios de funcionamento de uma fibra óptica.

TCC

T08(29): "Investigação de modelos mentais mediante uma abordagem multissensorial" (Santim, 2008).

Artigo

T08(25): "Modelos mentais do fenômeno de propagação de ondas sonoras numa abordagem didática multissensorial" (Santim & Camargo, 2008).

T10(5): "Materiais e método para o Ensino de Física de alunos com e sem deficiência visual: estudando os fenômenos contidos na fibra óptica e em espelhos esféricos" (Camargo et al., 2010).

Destaca-se que P07(2) realizou trabalho de conclusão de curso – T08(25) – e publicou artigo – T08(29) – sobre o tema de seu TCC. O TCD foi elaborado por P07(3) em conjunto com outro licenciando – P09(6) – em outra disciplina (fonte motivadora F-7). Por esse motivo, T09(3) é relacionado como efeito futuro da presente fonte motivadora e como produto final de F-7. Esse trabalho evoluiu ainda para o *status* de artigo – T10(5) –, publicado em parceria de P08(9) e P08(10) (F-5).

Fonte motivadora (F-5): disciplina optativa de natureza teórico-prática Atividades Experimentais Multissensoriais de Ciências como Alternativa à Inclusão Escolar de Alunos com Deficiências oferecida em 2008

Objetivo principal: (a) produzir materiais, equipamentos e experimentos multissensoriais de Física/Ciências; (b) promover a reflexão de futuros professores em Física/Ciências acerca da realidade escolar que contempla a presença de alunos com deficiência sensorial; (c) discutir a função de todas as percepções sensoriais durante os processos de observação, reflexão e análise de fenômenos científicos; (d) destacar a importância das percepções não visuais para a construção de conhecimentos em Ciências; (e) enfatizar a ideia de que materiais instrucionais de interface multissensorial, além de criarem canais de comunicação entre alunos com deficiência visual, docente e fenômeno estudado, contribuem para a construção do conhecimento científico de todos os discentes.

Processo de desenvolvimento: foram abordados inicialmente os seguintes temas: (1) didática multissensorial das ciências – definição, princípios e viabilidades; (2) a audição como referencial observacional de fenômenos científicos; (3) a utilização do tato em observações analíticas de objetos, materiais e fenômenos; (4) viabilidades e limitações do sentido gustativo; (5) a utilização do olfato na observação em ciências; (6) utilizando o resíduo visual em atividades experimentais de ciências; (7) uma discussão acerca dos sentidos enquanto funções sintéticas e analíticas durante os processos de observação; (8) a sala de aula como um ambiente inclusivo de comunicação; (9) metodologias dialógicas como alternativas à inclusão de alunos com deficiência visual. Em um segundo momento foram planejados e construídos materiais multissensoriais para o Ensino de Física/Ciências de alunos com deficiências sensoriais.

Produto final: os pesquisadores elaboraram trabalhos de conclusão de disciplina.

Efeitos futuros: esses efeitos encontram-se explicitados pelos trabalhos na sequência relacionados.

Projeto de TCC

T09(22): "Produção de texto paradidático e sua aplicação em um contexto escolar inclusivo: possíveis melhorias no Ensino de Física".

Artigo

T08(24): "Produção de um texto paradidático e sua aplicação em um contexto escolar inclusivo: possíveis melhorias no Ensino de Fìsica" (Evangelista & Camargo, 2008).

T09(9): "Disco de Newton multissensorial" (Camargo et al., 2009a).

T10(5). Informações apresentadas em fonte motivadora F-4.

Destacam-se três casos que evidenciam a evolução de produção de trabalhos em F-5. Caso a: P08(6) elaborou, como cumprimento dos objetivos inerentes à F-5, TCD – T08(3). Posteriormente, publicou artigo – T08(24) – e vem desenvolvendo projeto de TCC – T09(22). Caso b: P08(3), P08(4) e P08(5) elaboraram TCD – T08(2) – que, após reformulações, foi publicado como artigo – T09(9). Caso c: P08(9) e P08(10) elaboraram TCD – T08(5). Em parceria, P09(6) e P07(3) publicaram artigo – T10(5) – que já havia sido relacionado como efeitos futuros em F-4.

***Fonte motivadora (F-6)**:* disciplina de pós-graduação oferecida no ano de 2008.

Objetivo principal: mesmo objetivo contido em F-3.

Processo de desenvolvimento: mesmo processo desenvolvido em item a de F-3.

Produto final: foram elaborados trabalhos de conclusão de disciplina (TCD).

Efeitos futuros: foram elaborados pré-projetos de mestrado, pré-projeto de doutorado, projeto de mestrado, dissertação de mestrado e artigos.

Pré-projeto de mestrado

T09(28): "Os olhos do ouvido: uma maneira diferente de entender conteúdos do Ensino de Física".

T09(29): "O Ensino de Ciências no ensino fundamental por meio do teatro: um meio facilitador da aprendizagem de conteúdos científicos por alunos com e sem deficiência".

Pré-projeto de doutorado

T09(25): "Ação comunicativa entre o professor da sala comum e o professor especialista na perspectiva da educação inclusiva: apropriação, demandas e tendências".

Projeto de mestrado

T09(21): "O Ensino de Ciências e alunos com deficiência visual: uma investigação sobre como o tema sistema nervoso é abordado no ensino fundamental em sala regular do município de Bauru".

Dissertação de mestrado

T10(1): "O Ensino de Ciências e deficiência visual: uma investigação das relações existentes entre os professores especialista e generalista no ensino fundamental em uma escola estadual no município de Bauru" (Lippe, 2010).

Artigo

T09(7): "Uma discussão sobre a utilização da História da Ciência no ensino de célula para alunos com deficiência visual" (Batisteti et al., 2009).

T09(8): "A inclusão de alunos com deficiências em aulas de Ciências: contextualizando e discutindo a questão da formação docente" (Lippe & Camargo, 2009a).

T09(10): "Tendências na pesquisa em formação de professores: um estudo a partir da análise de publicações em revistas e anais de eventos na área de educação especial" (Lippe & Camargo, 2009b).

T09(12): "Inclusão escolar: algumas considerações" (Tavares et al., 2009).

T09(13): “Análise da formação inicial de professor de Ciências e Biologia frente ao desafio da inclusão escolar: uma questão curricular” (Lippe & Camargo, 2009c).

T09(16): “Uma reflexão histórico-filosófica sobre o ensino do conceito de energia para alunos videntes e com deficiência visual” (Queirós et al., 2009).

T09(19): “O Ensino de Ciências e seus desafios para a inclusão: o papel do professor especialista” (Lippe & Camargo, 2009d).

T09(20): “Ensino de Ciências e alunos com deficiência visual: uma investigação sobre como os conteúdos são abordados no ensino fundamental no município de Bauru” (Lippe & Camargo, 2009e).

Os destaques de F-6 foram agrupados em seis casos. São eles: Caso a: P08(22) elaborou TCD – T08(15) –, publicou cinco artigos – T09(8), T09(10), T09(13), T09(19) e T09(20). Elaborou também projeto de mestrado – T09(21) –, pré-projeto de doutorado – T09(25) – e concluiu dissertação de mestrado – T10(1). Caso b: P08(28) elaborou TCD – T08(21) – e pré-projeto de mestrado – T09(29). Caso c: P08(27) elaborou TCD – T08(20) – e pré-projeto de mestrado – T09(28). Caso d: P08(30) elaborou TCD – T08(23) – e publicou artigo – T09(16). Caso e: P08(26) elaborou TCD – T08(19) – e publicou artigo – T09(12). Caso f: P08(18) elaborou TCD – T08(11) – e publicou artigo – T09(7).

Fonte motivadora (F-7): Disciplina optativa de natureza teórico-prática oferecida em 2009.

Objetivo principal: os objetivos de F-7 são os mesmos explicitados em F-5.

Processo de desenvolvimento: o processo de desenvolvimento é o mesmo de F-5.

Produto final: os pesquisadores elaboraram trabalhos de conclusão de disciplina.

Efeitos futuros: esses efeitos encontram-se explicitados pelos trabalhos na sequência relacionados.

Projeto de TCC

T09(23): "Estudo da didática multissensorial aplicada para alunos com e sem deficiência visual".

TCC

T09(33): "Estudo da didática multissensorial das ciências aplicada a alunos com e sem deficiência visual" (Ferreira, 2009).

Pré-projeto de mestrado

T09(27): "Desenvolvendo material de apoio para ensino de Física para a pessoa surda, desafios enfrentados na formação de professor".

Projeto de mestrado

T10(3): Título igual ao de T09(27).

Artigo

T09(14): "Didática multissensorial das ciências: uma opção para o ensino de Física e a inclusão de pessoas com deficiência visual" (Ferreira et al., 2009).

T09(15): "Ensino de Astronomia através da didática multissensorial: um auxílio para a inclusão de pessoas com deficiência" (Santos et al., 2009).

T10(5): A referência desse trabalho encontra-se explicitada em F-4.

Os destaques de F-7 foram agrupados em quatro casos: Caso a: P09(7), em colaboração com P09(8), elaborou TCD – T09(4). Posteriormente, elaborou pré-projeto de mestrado – T09(27) –, que evoluiu para projeto de mestrado – T10(3). Caso b: P09(9), em colaboração com P09(10), elaborou os seguintes trabalhos: TCD – T09(5) – e dois artigos – T09(14) e T09(15). Elaborou também projeto de TCC – T09(23) –, que evoluiu para trabalho de conclusão de curso – T09(33). Caso c: P09(10) elaborou em parceria com P09(9) os trabalhos indicados no caso b. Caso d: P09(6) em parceria com P07(3) elaborou TCD – T09(3). Esse trabalho contri-

buiu para a organização do artigo T10(5), elaborado em parceria por P08(9), P08(10) e P07(3).

O Quadro 2 apresenta a evolução dos principais pesquisadores em relação às suas produções nos períodos 1 e 2.

Pesquisadores	Trabalhos				
P05(1) P05(2)	Artigo	Pré-projeto de mestrado			
P05(3)	TCD	Artigos	Pré-projeto de doutorado	Projeto de doutorado	
P07(2)	TCC	Artigo			
P07(3)	TCD	Artigo			
P08(3) P08(4) P08(5)	TCD	Artigo			
P08(6)	TCD	Artigo	Projeto de TCC		
P08(9) P08(10)	TCD	Artigo			
P08(18)	TCD	Artigo			
P08(22)	TCD	Artigos	Projeto de mestrado	Pré-projeto de doutorado	Dissertação de mestrado
P08(26)	TCD	Artigo			
P08(27) P08(28)	TCD	Pré-projeto de mestrado			
P08(30)	TCD	Artigo			
P09(6)	TCD	Artigo			
P09(7)	TCD	Pré-projeto de mestrado	Projeto de mestrado		
P09(9)	TCD	Artigos			
P09(10)	TCC	Artigos			
P09(14)	Pré--projeto de mestrado	Projeto de mestrado			

Quadro 2 – Descrição panorâmica da relação entre os principais pesquisadores e os trabalhos realizados

Considerações finais

Apresentaremos a organização percentual dos trabalhos (total de oitenta) em função de seus agrupamentos em grupos e subgrupos.

Grupos: Ensino de Física/deficiência visual, Ensino de Física/déficit de atenção e hiperatividade, Ensino de Física/deficiência auditiva, Ensino de Física/surdo-cegueira e Ensino de Ciências (Química ou Biologia)/deficiência visual.

Subgrupos: materiais multissensoriais de ensino, condução de atividades de ensino, ensino/aprendizagem, concepções alternativas, estudo sobre modelos mentais, estado da arte, abordagem histórico-filosófica, utilização de tecnologia assistiva no ensino e formação de professores.

Ensino de Física/deficiência visual. Totalizando 57 trabalhos (71%) está distribuído nos seguintes subgrupos: 17 trabalhos sobre materiais multissensoriais de ensino (30%), 16 trabalhos sobre condução de atividades de ensino (28%), 14 trabalhos sobre ensino/aprendizagem (25%), três sobre concepções alternativas (5%), dois trabalhos sobre modelos mentais e sobre estado da arte (4%) e, respectivamente, um trabalho sobre os subgrupos: abordagem histórico-filosófica, utilização de tecnologia assistiva no ensino e formação de professores (2% cada). Nota-se a realização uniforme de trabalhos sobre os subgrupos: materiais multissensoriais de ensino, condução de atividades de ensino e ensino/aprendizagem, bem como realização minoritária de trabalhos sobre os subgrupos restantes. Isso denota a importância dada na linha de pesquisa às questões práticas de sala de aula como a construção de maquetes multissensoriais, suas aplicações e efeitos em relação à aprendizagem dos discentes com deficiência visual.

Ensino de Ciências (Química ou Biologia)/deficiência visual. Totalizando 18 trabalhos (22%), está distribuído nos seguintes subgrupos: oito trabalhos sobre condução de atividades de ensino (44%), cinco sobre formação de professores (28%), três sobre en-

sino/aprendizagem (17%) e dois trabalhos sobre abordagem histórico-filosófica (11%). Nesse grupo, em comparação ao anterior, aparece uma preocupação maior com a questão da formação de professores, e permanecem as preocupações inerentes à condução prática de atividades de ensino.

Ensino de Física/deficiência auditiva. Foram realizados três trabalhos (4%), todos relacionados à formação de professores. Isto se deve ao fato de os trabalhos estarem vinculados ao TCC, pré-projeto de mestrado e projeto de mestrado de um mesmo pesquisador.

Ensino de Física/déficit de atenção e hiperatividade. Foi realizado um trabalho (1%). Esse trabalho esteve relacionado com o tema: ensino/aprendizagem.

Ensino de Física/surdo-cegueira. Assim como no anterior, foi realizado um trabalho (1%). Este, por sua vez, também esteve relacionado com o tema ensino/aprendizagem.

Finalizando, destacamos que a linha de pesquisa vem priorizando o desenvolvimento de investigações sobre Ensino de Física/deficiência visual, com o surgimento de interesses em investigações na área do Ensino de Ciências/deficiência visual. Destacamos ainda que outros temas mostram-se de interesse para investigadores que procuram na linha de pesquisa um lócus para o desenvolvimento de seus trabalhos, como são os casos do Ensino de Física/deficiência auditiva, Ensino de Física/surdo-cegueira e Ensino de Física/déficit de atenção e hiperatividade. Muitas são as carências investigativas. Procuramos com a linha de pesquisa suprir (em parte) tais carências e apontar direcionamentos para outras investigações que surgirão com a democratização do ensino por meio da inclusão escolar de todos os alunos.

Referências bibliográficas

ALMEIDA, D. R. V., MACIEL FILHO, R. P., CAMARGO, E. P., NARDI, R. Ensino de Óptica para alunos com deficiência visual: análise de concepções alternativas. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, V. *Anais – CD-ROM*. Bauru: Abrapec, 2005a.

ALMEIDA, D. R. V., MACIEL FILHO, R. P., CAMARGO, E. P. Convergências de concepções alternativas sobre Óptica entre o deficiente visual total desde o nascimento e aquele que perdeu a visão ao longo dos anos. In: Congresso de Iniciação Científica da UNESP, XVII. *Anais – CD-ROM*. Bauru: UNESP, 2005b.

BATISTETI, C. B., CAMARGO, E. P., NICOLINI, E. S. N., CALUZI, J. J. Uma discussão sobre a utilização da História da Ciência no ensino de célula para alunos com deficiência visual. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, VII, Florianópolis, *Anais – CD-ROM*. Belo Horizonte: Abrapec, 2009.

BRASIL, Ministério da Educação. *Censo escolar*. 2008. Brasília: Inep, 2009. Disponível em <http://www.inep.gov.br/basica/censo/Escolar/Sinopse/sinopse.asp>. Acesso em 10/12/2009.

CAMARGO, E. P. A formação de professores de Física no contexto das necessidades educacionais especiais de alunos com deficiência visual: a condução de atividades de ensino de Física. Ilha Solteira, São Paulo, 2010. 462f. *Relatório trienal final* (2006-2009). Faculdade de Engenharia, Departamento de Física e Química, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP.

______. *A formação de professores de Física no contexto das necessidades educacionais especiais de alunos com deficiência visual*: o planejamento de atividades de ensino de Física. Bauru, São Paulo, 2006. 120f. Relatório final (pós-doutorado em Educação para a Ciência) – Programa de Educação para a Ciência, Área de Concentração: Ensino de Ciências – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP.

______., AGGOSTINE, M. M., SILVA, R. P., ALCÂNTARA, D., SANTOS, G. F. S. Materiais e método para o ensino de Física de

alunos com e sem deficiência visual: estudando os fenômenos contidos na fibra óptica e em espelhos esféricos. In: São Paulo: On-line Editora, no prelo, 2010.

CAMARGO, E. P., BIM, C., OLIVO, J. S., FREIRE, R. L. H. Disco de Newton multissensorial. *A Física na Escola*, v.10, n.2, 2009a.

_____, BENETI, A. C., MOLERO, I. A., NARDI, R., SUTIL, N. Inclusão no ensino de Física: materiais adequados ao ensino de eletricidade para alunos com e sem deficiência visual. In: Simpósio Nacional de Ensino de Física, XVIII. *Anais – CD-ROM*. Vitória (ES): SBF, 2009b.

______, SANTOS, S. L. R. Reações de um meio universitário à participação de alunos com deficiência visual em um curso de Química. In: TEIXEIRA, P. M. M., RAZERA, J. C. C. (Org.). *Ensino de Ciências*: pesquisa e pontos em discussão. Campinas: Komedi, 2009. p.227-49.

_____, SANTOS, S. R. L., NARDI, R., VERASZTO, E. V. Alunos com deficiência visual em um curso de Química: fatores atitudinais como dificuldades educacionais. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, VI, Florianópolis. *Anais – CD-ROM*. Belo Horizonte: Abrapec, 2007.

_____, VIVEIROS, E. R. Pressupostos e critérios pedagógicos para uma prática inclusiva para o ensino de Física. In: QUILLICI NETO, A., ORRÚ, S. E. (Org.). *Docência e formação de professores na educação superior*: múltiplos olhares e múltiplas perspectivas. Curitiba: CRV, 2009. p.199-216.

_____, VIVEIROS, E. R., NARDI, R. Trabalhando conceitos de Óptica e Eletromagnetismo com alunos com deficiência visual e videntes. In: Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, X, 2006. *Anais – CD-ROM*. Londrina: SBF, 2007.

CORREIA, L. M. Dez anos de Salamanca, Portugal e os alunos com necessidades educativas especiais. In: RODRIGUES, D. (Org.). *Inclusão e educação*: doze olhares sobre a educação inclusiva. São Paulo: Summus, 2006. p.239-74.

EVANGELISTA, C. R., CAMARGO, E. P. Produção de um texto paradidático e sua aplicação em um contexto escolar inclusivo: possíveis melhorias no ensino de Física. In: Congresso de Iniciação

Científica da UNESP, XX, *Anais – CD-ROM*. São José dos Campos: UNESP, 2008.

FERREIRA, D. S. Estudo da didática multissensorial das ciências aplicada a alunos com e sem deficiência visual. Ilha Solteira, São Paulo, 2009. 72f. Monografia (conclusão de curso – Licenciatura em Física) – Faculdade de Engenharia, Departamento de Física e Química, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP.

_____, CAMARGO, E. P., SANTOS, J. A. Didática multissensorial das ciências: uma opção para o ensino de Física e a inclusão de pessoas com deficiência visual. In: Congresso de Iniciação Científica da UNESP, XXI. *Anais – CD-ROM*. São José do Rio Preto: UNESP, 2009.

LIPPE, E. M. O. *O ensino de Ciências e deficiência visual:* uma investigação das relações existentes entre os professores especialista e generalista no ensino fundamental em uma escola estadual no município de Bauru. Bauru, 2010, 105p. Dissertação (mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP.

_____, CAMARGO, E. P. A inclusão de alunos com deficiências em aulas de Ciências: contextualizando e discutindo a questão da formação docente. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências, VII, Florianópolis. *Anais – CD-ROM*. Belo Horizonte: Abrapec, 2009a.

_____. Tendências na pesquisa em formação de professores: um estudo a partir da análise de publicações em revistas e anais de eventos na área de educação especial. In: Congresso Estadual Paulista sobre Formação de Educadores, X. *Anais – CD-ROM*. Águas de Lindoia: UNESP, 2009b.

_____. Análise da formação inicial de professor de Ciências e Biologia frente ao desafio da inclusão escolar: uma questão curricular. In: Congresso Multidisciplinar de Educação Especial, V. *Anais – CD-ROM*. Londrina: UEL, 2009c.

_____. O ensino de Ciências e seus desafios para a inclusão: o papel do professor especialista. In: NARDI, R. (Org.). *Ensino de Ciências e Matemática I*. São Paulo: Editora UNESP, 2009d. p.1-17.

LIPPE, E. M. O., CAMARGO, E. P. Ensino de Ciências e alunos com deficiência visual: uma investigação sobre como os conteúdos são abordados no ensino fundamental no município de Bauru. In: Reunião Técnica do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Área de Concentração Ensino de Ciências, XI. *Anais – CD-ROM*. Bauru: UNESP, 2009e.

LUCINDO, J. A. *A prática de ensino diante a inclusão de alunos com deficiências na escola regular.* Ilha Solteira, São Paulo, 2006. 37f. Monografia (conclusão de curso – Licenciatura em Física) – Faculdade de Engenharia, Departamento de Física e Química, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP.

MACIEL FILHO, P. R., ALMEIDA, D. R. V., CAMARGO, E. P. Inclusão escolar e deficiência visual: materiais para o ensino de Óptica em ambientes educacionais inclusivos. In: Congresso de Iniciação Científica da UNESP, XVII. *Anais – CD-ROM*. Bauru: UNESP, 2005.

MANTOAN, M. T. E. *Inclusão escolar:* O que é? Por quê? Como fazer? São Paulo: Moderna, 2003.

NOVAIS JUNIOR, L. C. *O ensino de Física para alunos com transtorno do déficit de atenção e hiperatividade (TDAH).* Ilha Solteira, São Paulo, 2008. 42f. Monografia (conclusão de curso – Licenciatura em Física) – Faculdade de Engenharia, Departamento de Física e Química, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP.

QUEIRÓS, W. P., CAMARGO, E. P., NARDI, R. Uma reflexão histórico-filosófica sobre o ensino do conceito de energia para alunos videntes e com deficiência visual. In: Conferencia Interamericana sobre Educación en Física, X, Colômbia. *Anais – CD-ROM*. Medellín: Universidade de Antioquia, 2009.

RODRIGUES, A. J. Contextos de aprendizagem e integração/inclusão de alunos com necessidades educativas especiais. In: RIBEIRO, M. L. S., BAUMEL, R. C. R. (Orgs.). *Educação especial*: do querer ao fazer. São Paulo: Avercamp, 2003. p.13-26.

SANTIM, R. H. *Investigação de modelos mentais mediante uma abordagem multissensorial.* Ilha Solteira, São Paulo, 2008. 78f. Monografia (conclusão de curso – Licenciatura em Física) – Faculdade

de Engenharia, Departamento de Física e Química, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – UNESP.

SANTIM, R. H., CAMARGO, E. P. Modelos mentais do fenômeno de propagação de ondas sonoras numa abordagem didática multissensorial. In: Congresso de Iniciação Científica da UNESP, XX. *Anais – CD-ROM*. São José dos Campos: UNESP, 2008.

SANTOS, J. A., CAMARGO, E. P., FERREIRA, D. S. Ensino de Astronomia através da didática multissensorial: um auxílio para a inclusão de pessoas com deficiência. In: Congresso de Iniciação Científica da UNESP, XXI. *Anais – CD-ROM*. São José do Rio Preto: UNESP, 2009.

SASSAKI, R. K. *Inclusão:* construindo uma sociedade para todos. 5.ed. Rio de Janeiro: WVA Editora, 1999.

SOLER, M. A. *Didáctica multisensorial de las ciencias.* Barcelona: Ediciones Paidós Ibérica, 1999.

TAVARES, L. H. W., ZULIANI, S. Q. A., CAMARGO, E. P. Inclusão escolar: algumas considerações. In: Congresso Brasileiro de Educação. *Anais – CD-ROM*. Bauru: UNESP, 2009.

VIVEIROS, E. R., CAMARGO, E. P. Ensino de Ciências e Matemática num ambiente inclusivo: pressupostos didáticos e metodológicos. In: Semana da Licenciatura em Matemática, XVIII. *Anais – CD-ROM*. Bauru: UNESP, 2006.

4

Possíveis contribuições metodológicas da fenomenologia de Merleau-Ponty às pesquisas em Educação em Ciências

Ana Carolina Biscalquini Talamoni[1]
Cláudio Bertolli Filho[2]

O presente artigo tem por objetivo discutir possíveis aportes metodológicos oferecidos pela fenomenologia de Merleau-Ponty às pesquisas em Educação em Ciências em contrapartida às tendências atuais de investigação na área que apontam para uma predominância das abordagens construtivistas, que implicam uma perspectiva cartesiana do sujeito cognoscente.

Uma das problemáticas com as quais se deparam os pesquisadores da área de Educação em Ciências relaciona-se, sobretudo, às

1. Doutoranda. Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – UNESP. Campus de Bauru. Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências. Apoio Capes. *e-mail:* ctalamoni@fc.unesp.br.

2. Docente. Departamento de Ciências Humanas e do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – UNESP. Campus de Bauru. Grupo de Pesquisa em Ensino de Ciências. *e-mail:* cbertolli@uol.com.br.

limitações metodológicas colocadas pelas propostas de investigação existentes, amplamente divulgadas e utilizadas, cujo empréstimo, das Ciências Sociais aplicadas, nem sempre dão conta da abordagem analítica, mais compreensiva, que a natureza dessas primeiras pesquisas, altamente interdisciplinares, requer. Ao se designar uma pesquisa como pesquisa qualitativa subentende-se que ela se caracteriza pela "obtenção de dados descritivos, obtidos no contato direto do pesquisador com a situação estudada, enfatiza mais o processo do que o produto e se preocupa em retratar a perspectiva dos participantes" (Bogdan & Biklen, 1982, apud Lüdke & André, 1986, p.13). Sua execução pressupõe que o investigador se preocupe "menos com a generalização e mais com o aprofundamento e abrangência da compreensão seja de um grupo social, de uma organização, de uma instituição, de uma política ou de uma representação" (Minayo, 2000, p.102).

As pesquisas denominadas qualitativas têm sido utilizadas e amplamente referendadas nas investigações em Educação em Ciências, justamente por permitir *a priori* esse aprofundamento na análise das situações de ensino e aprendizagem que constituem uma série de especificidades dessa área.

A Educação em Ciências e as investigações acerca das representações

A incorporação das disciplinas de ciências naturais no âmbito da Educação é um fenômeno relativamente recente, que ganhou forças sobretudo na segunda metade do século XX. Teria sido principalmente após a Segunda Guerra Mundial, e mais especificamente com a "construção e lançamento da bomba atômica", que a ciência e a tecnologia (aqui entendida como aplicação do conhecimento científico na vida coletiva e individual) "transformaram-se em grandes empreendimentos, nomeadamente na vertente aplicada, envolvendo muito dinheiro, definindo a competitividade e o poder bélico das nações". Assim, a ciência e a tecnologia passaram

a ser, nas análises de Canavarro (1999, p.81), dois importantes determinantes da sociedade, do seu desenvolvimento, da sua cultura e sobrevivência.

A transição de uma educação clássica para uma educação mais "pragmática", com base científica, tornou-se imprescindível nesse cenário, para que os cidadãos fossem, enfim, capazes de lidar com um conjunto de questões ainda não contempladas pelo sistema educativo e que perpassavam pelas possíveis consequências do desenvolvimento tecnológico nas sociedades em geral.

Para garantir a aprendizagem de conteúdos científicos, várias pesquisas e modelos de ensino e aprendizagem foram sendo paulatinamente propostos. Mesmo partindo de epistemologias diversas, parece consenso que a educação científica deve estar alinhada às necessidades sociais, oferecendo novas ideias e contribuindo, assim, para o desenvolvimento e aprimoramento de habilidades e competências nos indivíduos. Tal proposta favorece que os educandos se desenvolvam, autorregulem suas aprendizagens, daí decorrendo os sentimentos de satisfação pessoal e responsabilidade social (Canavarro, 1999, p.89).

Nesse momento, tornou-se imprescindível a investigação acerca dos processos cognitivos e metacognitivos envolvidos na realização de uma aprendizagem com significado, já que somente esse tipo de aprendizagem permitiria aos indivíduos lançar mão de seus conhecimentos em benefício da existência individual e da vida coletiva. Tais observações remetem à influência da visão construtivista na Educação em Ciências, e, mais especificamente, no processo de ensino-aprendizagem das ciências, pois se centrou predominantemente na construção de conhecimentos com significado, contextualizados, ensinados e aprendidos num determinado contexto (sala de aula), porém com aplicação ou generalização a tantos outros, tais como a vida cotidiana.

Aprender ciências, para além de uma apropriação indiscriminada de conteúdos, deveria importar aos alunos como uma forma de se relacionar e compreender o meio em que estão inseridos (Canavarro, 1999, p.95).

Nesse contexto, as pesquisas referentes às concepções espontâneas, concepções alternativas, errôneas, ou simplesmente das "representações" dos alunos acerca dos fenômenos naturais foram amplamente disseminadas, culminando com o advento da teoria da mudança conceitual (Posner et al., 1982).

A partir disso é possível constatar a forte tendência de considerar as teorias construtivistas como as mais adequadas e coerentes tanto para compreender o ensino e a aprendizagem de conteúdos científicos como para lançar luz a práticas pedagógicas específicas.

Ao refletir sobre como os indivíduos aprendem, e considerando também as dificuldades inerentes ao processo de ensino e aprendizagem das ciências, pesquisadores da área de Educação em Ciências puderam fazer algumas constatações importantes, como salientam Bastos et al. (2004, p.10):

> duas importantes suposições tornaram-se possíveis: os alunos, a partir de suas experiências com objetos, eventos, pessoas, informações da mídia, etc., constroem por si mesmos uma variedade de ideias e explicações acerca das coisas da natureza; as ideias e explicações construídas pelos alunos podem ser consideravelmente resistentes à mudança e funcionar como importantes obstáculos à aprendizagem escolar.

Tentando resolver o impasse cognitivo que se estabelece nos indivíduos diante da incompatibilidade das concepções espontâneas e das ideias/explicações científicas acerca dos fenômenos da natureza, surgiu a partir da década de 1980 uma série de

> debates e pesquisas que visavam estabelecer de que forma essas concepções poderiam ser eliminadas ou transformadas, dando lugar a concepções mais coerentes com os conhecimentos científicos atuais. Surgiram então diversos trabalhos que tinham como finalidade discutir os processos mentais que conduzem à mudança conceitual e identificar as condições objetivas (contextos de ensino e aprendizagem) que estimulam o indivíduo a voluntariamente

> substituir suas concepções alternativas por concepções mais adequadas do ponto de vista científico. (Bastos et al., 2004, p.10).

Apesar desse amplo mapeamento realizado nas décadas de 1970 e 1980, é possível constatar que essas concepções espontâneas – por serem frutos de um conhecimento tradicional, cujas bases são culturais – sempre persistirão, motivo pelo qual as pesquisas acerca das representações de alunos e professores ainda figuram como um tema atual na área de Educação em Ciências.

Piaget, Vygotsky e a inversão da origem do pensamento

A teoria da mudança conceitual proposta por Posner et al. (1982) foi sem dúvida um marco nas pesquisas em Educação em Ciências. No entanto, a forte influência da epistemologia genética de Piaget não pode ser ignorada. Dos empréstimos da terminologia piagetiana à compreensão de como os indivíduos aprendem, esteve presente em tais pesquisas, de forma implícita ou explícita, a ideia de que os conhecimentos (cotidianos, científicos ou de outra natureza) correspondem a construções da mente humana e não a descrições objetivas da realidade concreta (Bastos et al., 2004, p.11).

Essas construções, no entanto, situam-se, no pensamento de Piaget, no cerne da capacidade cognitiva do indivíduo enquanto uma predeterminação biológica (Piaget, 1997), sendo que a linguagem nesse contexto figura como uma capacidade adquirida pelo sujeito em função da maturação biológica do sistema nervoso (e, mais especificamente, do cérebro) associada às interações sociais realizadas ao longo do processo de desenvolvimento. A hipótese sobre a qual Piaget se baseia, e que Posner et al. (1982) reiteram, é a de que o pensamento (*cogito*) precede a linguagem, pois figura numa capacidade inata dos seres humanos, baseada no *cogito* cartesiano representado pela máxima "Penso, logo existo".

Uma renovação possível da compreensão de como se dá a construção do conhecimento no homem adveio das pesquisas de Vygotsky sobre a importância fundamental dos sistemas simbólicos na mediação da relação entre o homem e o mundo. A base biológica da capacidade cognitiva dos sujeitos (o cérebro, o sistema nervoso, etc.) é, para o referido autor, também a base sobre a qual se desenvolvem as funções psicológicas superiores. No entanto, os limites e possibilidades dessas funções não seriam fixos e imutáveis como propõe Piaget (1997) através dos estágios de desenvolvimento por ele sugeridos. O homem, para Vygosky, é um ser sócio-histórico, sendo a cultura parte essencial da constituição da natureza humana.

O conceito de mediação na relação homem/mundo proposto por Vygotsky passa por dois pressupostos importantes: o primeiro refere-se ao uso de instrumentos, criados e utilizados no desenvolvimento de atividades coletivas, e que, enquanto produtos da cultura, trazem consigo a função para a qual foram criados, ou seja, o significado em si. O segundo refere-se à existência dos signos, elementos de percepção e organização do "real", fornecidos pela cultura e através dos quais o indivíduo "decifra" o mundo. Sua função é semelhante à dos instrumentos, pois correspondem a "instrumentos psicológicos" no campo da cognição (Oliveira, 2006).

O processo de internalização dos signos é o que permite ao indivíduo desenvolver sistemas simbólicos através dos quais se torna possível a representação da realidade. Dentre esses sistemas, figura a linguagem. Ora, se a linguagem é uma forma de ordenação do real sob categorias conceituais, ela é também o instrumento do pensamento, já que fornece os conceitos e formas de organização do real que constituem a mediação entre o sujeito e o objeto. A palavra precede o pensamento. No entanto, uma questão central da teoria vygotskyana, por sua filiação marxista, é que esse processo de interiorização dos signos não se dá de forma passiva pelo sujeito, mas por meio de uma negociação simbólica através da qual se opera uma síntese. O indivíduo não se apropria automaticamente de um signo, ele se apropria de um signo cujo significado é subjetivo.

Nesse sentido, existem diferenças irreconciliáveis entre a epistemologia genética de Piaget e a teoria sócio-histórica de Vygotsky. No entanto, não é incomum que ambas sejam rotuladas como "construtivismo", e que, em função de um termo comum, perpetuem-se confusões no campo epistemológico, metodológico e analítico de algumas pesquisas em Educação.

A importância das considerações até então realizadas sobre as tendências teóricas nas pesquisas em Educação em Ciências deveu-se à tentativa de retificação da predominância de uma perspectiva cartesiana do indivíduo nas pesquisas da área, o que, ao longo do processo de investigação científica, faz aflorar uma série de problemas relativos ao paradoxo: privilegiar a atividade cognitiva que leva o sujeito de um estado de menor conhecimento a um estado de maior conhecimento, ignorando os aspectos subjetivos envolvidos no processo de aprendizagem, ou admitir a existência e presença dessa esfera subjetiva que, se está presente nos sujeitos da pesquisa, também se faz presente na figura do pesquisador?

Numa abordagem mais humanista da Educação, originou-se uma série de pesquisas, subsídios teóricos e reflexões sistemáticas, em uma tentativa de resgate do sujeito individual, da história de vida do sujeito e dos elementos objetivos e subjetivos que influem no processo de aprendizagem, no processo de ensino e na constituição de uma identidade docente (Nóvoa, 1992; Tardif, 2002; Tardif & Raymond, 2000; Alarcão, 1996; Marcelo García, 1999; Schön, 2000, dentre outros). No entanto, quanto aos subsídios teóricos às pesquisas qualitativas, persistem sempre as dúvidas no que se refere à influência da subjetividade do pesquisador, em contrapartida à necessidade de preservação da neutralidade científica, problemática esta a ser contornada pela utilização rigorosa de técnicas de coleta de dados.

Dentre as técnicas previstas para as pesquisas qualitativas, é possível encontrar menções recorrentes à observação, observação participante, aplicação de questionários (abertos, fechados), entrevistas (abertas, fechadas, estruturadas, semiestruturadas, etc.), que devem ser rigorosamente registradas, mensuradas, filmadas, gra-

vadas, a fim de preservar a objetividade científica que tais pesquisas requerem. E para que essa objetividade seja resguardada, os dados devem ser descritos com o mesmo rigor com que foram coletados, a partir de uma linguagem científica igualmente rigorosa. No entanto, os termos a partir dos quais certas técnicas são "escolhidas", alguns dados são salientados e tantas outras palavras e conceitos são utilizados na interpretação dos resultados de uma pesquisa científica passam pelo crivo do pesquisador.

O pesquisador, que escolhe com rigor científico seus referenciais teóricos e aportes metodológicos, não deixa de ser, no entanto, o sujeito que conduz a investigação, e suas escolhas, por mais rigorosas e concisas que sejam, sempre eliminam uma gama de outras possibilidades igualmente válidas, o que permite afirmar que o crivo científico é também um crivo pessoal. É justamente a partir da constatação de que as pesquisas qualitativas em Educação e, mais especificamente, das pesquisas em Educação em Ciências não podem dar conta de seus objetos se não admitirem que o esvaziamento do homem pretendido pela perspectiva cartesiana é um projeto inviável, que este trabalho almeja ressaltar o sujeito da pesquisa numa abordagem fenomenológica.

A percepção: entre o fato preciso de existir e a capacidade de pensar

Merleau-Ponty (2006) realiza um desdobramento rigoroso das faculdades sensoriais que permitem ao sujeito humano apreender o mundo real e construir conhecimentos sobre este mesmo mundo. As críticas de Merleau-Ponty ao *cogito* de Descartes, e às consequências dessa concepção na construção de conhecimentos na modernidade, não se dá apenas pela maneira como o corpo e, mais especificamente, a percepção, foram subtraídos do processo de conhecer, mas também pela supremacia que esse conhecimento tomou para si, em detrimento da experiência através da qual ele pode ser concebido, e, então, pensado:

> Eu não sou o resultado ou o entrecruzamento de múltiplas causalidades que determinam meu corpo e meu "psiquismo", eu não posso pensar-me como uma parte do mundo, como o simples objeto da biologia, da psicologia e da sociologia, nem fechar sobre mim o universo da ciência. Tudo aquilo que sei do mundo, mesmo por ciência, eu o sei a partir de uma visão minha ou de uma experiência do mundo sem a qual os símbolos da ciência não poderiam dizer nada. Todo o universo da ciência é construído sobre o mundo vivido, e se queremos pensar a própria ciência com rigor, apreciar exatamente o seu sentido e seu alcance, precisamos primeiramente despertar essa experiência do mundo da qual ela é a expressão segunda. A ciência não tem e não terá jamais o mesmo sentido de ser que o mundo percebido, pela simples razão de que ela é uma determinação ou explicação dele. (Merleau-Ponty, 2006, p.3)

É o indivíduo que faz ser para si, na experiência de ser ele mesmo, tudo aquilo que ele é ou pensa ser. É ele quem olha o mundo, percebe esse mundo e o significa, e esse movimento o autor considera um "retornar às coisas mesmas". Na busca das essências, exercício fundamental do olhar fenomenológico sobre as coisas, o "retornar" a este mundo se refere à possibilidade de voltar-se à experiência de viver o mundo, de inserir-se nele como uma experiência original anterior ao conhecimento; é retornar ao ponto no qual a percepção se dá antes de ser capturada pela consciência e subsumida pelo conhecimento; é retornar ao momento em que a experiência não faz parte do conhecimento sobre o qual "o conhecimento sempre fala".

As percepções se dão de forma aleatória, e na maioria das vezes não podem ser ligadas ao contexto percebido de forma consciente. Para Merleau-Ponty (2006, p.6), a percepção

> não é uma ciência do mundo, não é nem mesmo um ato, uma tomada de posição deliberada; ela é o fundo sobre o qual todos os atos se destacam e ela é pressuposta por eles. O mundo não é um objeto do qual possuo a lei de constituição; ele é o meio natural e o campo de todos os meus pensamentos e de todas as minhas percepções explícitas.

No entanto, se o mundo existe enquanto campo profícuo no qual se dão todas as percepções, é preciso considerar que estas se dão de forma subjetiva, no plano da experiência, já que não é possível conceber que todos os indivíduos se apercebem dele da mesma maneira. Aperceber-se de uma cor de um dado objeto significa percebê-los enquanto a sensação de sê-los eles mesmos, uma determinada cor ou objeto, cuja denominação ou conhecimento propriamente dito só se torna possível através do tempo e da linguagem, dos quais emana a capacidade dos sujeitos de se comunicar; é no campo da intersubjetividade, portanto, que as percepções podem ser compartilhadas, racionalizadas, possibilitando um "mundo comum".

Tudo que é percebido (ou a "unidade da coisa") o é primeiramente no plano da experiência. As denominações ou atribuições de sentido que dela decorrem são um exercício da consciência, que busca a compreensão a partir de semelhanças e contiguidades, ou melhor, a partir daquilo que ela já conhece. A "unidade da coisa" na percepção não é construída pela associação, mas é condição da associação, e só ocorre porque de certa forma já foi apreendida, de modo que essa primeira impressão jamais se associará a outra impressão sem passar primeiro pelo crivo da consciência.

Percepção, linguagem e conhecimento em Merleau-Ponty

A função essencial da percepção, para Merleau-Ponty (2006, p.40), é a de inaugurar o conhecimento, o que se dará sempre de forma subjetiva, já que todo conhecimento advém da experiência sobre a qual se desdobra a linguagem que permite o "pensar sobre". A linguagem, num primeiro momento, pode ser compreendida como "um conjunto de imagens verbais ou traços deixados em nós pelas palavras pronunciadas ou ouvidas". As palavras parecem, num primeiro plano, ser dotadas de um sentido e de uma certa configuração sonora, sem o que elas não existiriam e não expressariam.

A fala, por sua vez, estaria presa às palavras de forma que toda linguagem poderia ser reduzida a uma "linguagem concreta", ou seja, aquela que pode se manifestar inconscientemente, automaticamente e, inclusive, não dizer nada para aquele que fala. Por outro lado, o uso da fala por um homem, com a intenção de expressar uma determinada atitude ou ideia, poderia transformar a linguagem em um "fenômeno de pensamento", o que Merleau-Ponty (2006) denomina de "linguagem gratuita".

No ato de falar, dispondo-se das palavras, encontra-se a capacidade da consciência em "subsumir um dado sensível a uma categoria". Mas se o ato de falar só dispusesse dessa determinada habilidade, a consciência faria da palavra, em última análise, uma palavra vazia. Nessa linha de raciocínio é que foi dada à linguagem a característica de ser a expressão do pensamento, como se o pensamento precedesse a fala na intenção de buscar, na consciência, as palavras mais adequadas, com seus respectivos significados, para o estabelecimento de uma comunicação objetiva.

O que o autor busca elucidar é justamente o fato de que a palavra não pode existir sem seu sentido: ela tem um sentido imanente, e o pensamento não precede a fala, ele é a própria fala, que se articula a partir dos recursos linguísticos e dos signos verbais que tornam possível, em meu corpo, a articulação das ideias. Um pensamento, portanto, não existe fora dos horizontes da fala e da comunicação, ele não existe sem as palavras.

Da mesma forma, "a denominação dos objetos não vem depois do reconhecimento, ela é o próprio reconhecimento" (Merleau--Ponty, 2006, p.242). Retomando o fenômeno da percepção, o que o autor salienta é que um objeto percebido pode ser por mim reconhecido porque os objetos que conheço possuem um sentido intrínseco, que é parte da identidade de meu corpo próprio, e é nesse sentido que "reencontro o mundo em mim", em um "verdadeiro *cogito*":

> não preciso representar-me a palavra para sabê-la e para pronunciá-la. Basta que eu possua sua essência articular e sonora, como

> uma das modulações, um dos usos possíveis de meu corpo. Reporto-me à palavra, assim como minha mão se dirige para o lugar de meu corpo picado por um inseto; a palavra é um certo lugar de meu mundo linguístico, ela faz parte de meu equipamento, só tenho um meio de representá-la para mim, é pronunciá-la, assim como o artista só tem um meio de representar-se a obra na qual trabalha: é preciso que ele a faça. (Ibidem, p.246)

Se não represento em minha mente aquilo que quero dizer, nem necessito formular em pensamento a minha fala, é porque a minha fala é o meu pensamento, e meu corpo, "um poder de expressão natural" através do qual posso comunicar. A fala e o pensamento "estão envolvidos um no outro, o sentido está enraizado na fala, e a fala é a existência exterior do sentido"; a palavra e a fala não devem se resumir a uma maneira de designar objetos, mas, antes, devem ser a presença de meu pensamento no mundo.

Ora, se, para a fenomenologia, a existência pressupõe a transcendência, é preciso considerar a possibilidade de que o sentido não encerre as palavras, que as palavras não encerrem a fala e que a fala não encerre a linguagem e sua "potência de significação" porque, para além da "significação conceitual" da qual dispomos nas palavras, existe a "significação existencial" que as habita. É preciso, portanto, admitir que para além dos conceitos, que fazem parte do mundo linguístico, existe a possibilidade de o homem, no movimento de sua existência, apropriar-se de palavras ou gestos de uma forma subjetiva; significa considerar que no mundo intersubjetivo as palavras transcendem seu sentido, e que a possibilidade de comunicação não deve se encerrar na impossibilidade da linguagem de nos exprimir.

Assim, se a fala é o único ato de expressão capaz de "constituir um saber intersubjetivo" – porque é privilegiada por um exercício da "Razão" –, ela também possui um sentido existencial, já que as palavras são habitadas por um "sentido vivo" que não pode ser evocado. Destarte, a linguagem só pode ser compreendida como

"uma tomada de posição do sujeito no mundo de suas significações", uma maneira particular de nosso corpo (enquanto "potência de significação") se desempenhar, e esse "corpo-sujeito-pensante", por estar fundado no "corpo-sujeito-encarnado", faz reviver a fala e a linguagem de um modo autêntico, emprestando-lhes, muitas vezes, um novo sentido.

Todo ato de expressão constitui o mundo linguístico e cultural do homem. O uso da fala, das palavras, ou de um sistema simbólico é o que possibilita aos sujeitos estabelecer uma comunicação intersubjetiva. Também é essa apropriação tácita das palavras que limita o homem na expressão de suas experiências, ou seja, ao mesmo tempo em que a linguagem permite ao homem "exceder sua existência por sobre o ser natural", a sua "aquisição torna impossível outros atos de expressão autêntica". Como já explicitado, a linguagem que exprime o homem só não se encerra nela mesma porque pode ser retomada pelo próprio homem num sentido transcendente.

O autor observa que, nos estudos sobre o pensamento, a fala e a linguagem, esses elementos sobressaíram-se do corpo, como se querendo expressar, ou melhor, manifestar, uma outra "potência" que o habitava (fosse ela a consciência ou a própria alma). O corpo como a fonte de todas as percepções, e as percepções como todo o conhecimento originário do mundo, fez contestar mais uma vez essa visão cartesiana, porque é ele (o corpo) quem exprime todo pensamento à medida que "precisa tornar-se o pensamento ou a intenção que ele nos significa. É ele que mostra, ele que fala" (Merleau-Ponty, 2006, p.267).

A visão cartesiana deixou seus prejuízos no estudo da percepção e do corpo, mas também na forma como foram sistematizados os conhecimentos modernos. O problema que se coloca, e que Merleau-Ponty (2006) empenha-se em esclarecer, consiste no prejuízo do pensamento objetivo, que deslocou do mundo seus objetos, "deixando apenas dois sentidos para a palavra existir: ou existe-se como coisa ou existe-se como consciência" (ibidem, p.268).

No *cogito,* todo ato de conhecimento deriva do pensamento: ele jamais poderia corresponder a um instante, nem a existência do sujeito ou da coisa em si poderia ser atestada, senão pelo meu próprio pensamento de existir e de ver; essa correspondência entre o conhecer e o pensar é uma redução das experiências dos sujeitos em acontecimentos psicológicos.

Quando o *cogito* propõe que as coisas do mundo correspondem ao pensamento que tenho delas, ele destitui a experiência da vida do sujeito e o conhecimento é um conhecimento vazio. O problema está em como seria possível elevar a um *status* de juízo/ideia da coisa um pensamento sobre ela cujo fundo de realidade só existe na consciência que a constituiu.

Ora, se "a consciência constituinte é, por princípio, única e universal", todo conhecimento que dela deriva se fecha em si mesmo e em sua abstração, e aceitá-la como constituinte do mundo significa subtrair do mundo a sua concretude, a sua facticidade. Sendo assim, um dos problemas a partir dos quais o *cogito* pode ser repensado consiste no fato de que todo pensamento, assim como toda percepção, possui uma mesma ancoragem, que é a do mundo vivido.

Se o pensamento de ver equivale a ver, e o de sentir equivale a sentir, evocar esses verbos na tentativa de explicitar um certo conhecimento ou pensamento de si ou das coisas (o que em última instância exprime a minha interação com o mundo ou a maneira como o concebo) pressupõe que, em algum instante, eles mesmos, enquanto atos, tenham sido atestados no nível da experiência como uma "visão autêntica ou efetiva à qual o pensamento de ver se assemelha e na qual, desta vez, a certeza de ver esteve envolvida" (Merleau-Ponty, 2006, p.501). Para ter o pensamento de que vi, é preciso que alguma vez eu "realmente" tenha visto, e esse retorno à percepção funda um "novo *cogito*".

A perspectiva de Merleau-Ponty sobre a origem do conhecimento, ao enfocar a importância do corpo e da percepção nesse processo, não deixa dúvidas a respeito do caráter subjetivo pelo qual as representações são primeiramente concebidas. O uso da linguagem

no pensamento e, consequentemente, na comunicação humana, passa sempre por essa esfera, o que se configura em um problema às pesquisas qualitativas em educação na medida em que a observação e a descrição de dados de pesquisa implicam o uso de palavras cujo significado é para sempre "fugidio".

A linguagem científica, nesse sentido, cumpre o papel de modular a própria linguagem numa esfera cultural específica, a da Ciência (Mortimer, 1994). No entanto, a questão que persiste no pesquisador refere-se ao que se ganha e ao que se perde, nesse processo de filtragem da realidade, das representações, enfim dos dados coletados, pela forma do pensamento e das descrições científicos. É possível apreender a realidade vivida de professores e alunos, suas ideias e as formas como essas ideias repercutem no ser professor, no ser aluno, no "ser"?

Observação, observação participante, descrição e "descrição densa"

Uma perspectiva fenomenológica do sujeito e do processo de construção de conhecimentos (sejam estes científico ou não) abre uma gama de possibilidades no processo de coleta e análise de dados de pesquisa, a começar pela amplidão a partir da qual certas técnicas podem ser (re)pensadas.

A observação, enquanto técnica fundamental nas investigações em educação por permitir o maior contato do pesquisador com o lócus pesquisado, comumente é diferenciada da observação participante quanto ao nível de envolvimento e ao grau de intervenção do primeiro no segundo (Lüdke & André, 1986; Fals Borda, 1999). O problema da observação e de como ela se desenrola ao longo do processo também traz um problema subsequente, que se refere à descrição rigorosa e objetiva do observado. Uma técnica não pode existir sem a outra, e, mesmo quando o pesquisador opta por uma observação sistemática ou por gravações em vídeo, ainda existirá o momento em que esses dados deverão ser analisados.

Em uma abordagem metodológica fundamentada na fenomenologia de Merleau-Ponty, a presença do pesquisador como sujeito da observação e da descrição se faz inerente, está pressuposta, e nenhuma tentativa de neutralidade poderá "apagar" esse fato existencial e as possíveis alterações que dela decorrem. Assim sendo, não existe observação que não seja "participante". O pesquisador "está lá" (no sentido de "estar ali", como propõe Geertz, 1978).

Com relação ao processo de descrição nas análises qualitativas, é importante salientar algumas considerações tecidas por Martins (1997, p.51), que se referem ao problema da linguagem, ou melhor, do "interior da linguagem na qual o homem está mergulhado, na maneira pela qual representa em si, falando o sentido das palavras ou das proposições e, finalmente, obtendo uma representação da própria linguagem". Para o autor, o homem nunca está liberto da forma existencial pela qual interpreta o mundo, de onde surge a pertinência e também as limitações dos conceitos descritivos e morfológicos através dos quais se configuram as ideias.

A descrição nas pesquisas qualitativas tem sempre um objeto, motivo pelo qual ela necessita ser objetiva. No entanto, o que Martins (1997) salienta é que a descrição, em seus próprios termos, designa "algo escrito para fora" (p.54), ou seja, para alguém que não esteve presente, que não conhece aquela realidade, cujo sentido só é possível se apreender na medida em que "o objeto existir ao tempo em que está sendo descrito" (p.54).

Nesse encaminhamento, é possível mencionar a "descrição densa" de Clifford Geertz (1978), que, ao considerar incompatível o projeto de uma "descrição neutra" acerca de qualquer "realidade observada", propõe que a descrição tenha por objetivo maior possibilitar a compreensão das estruturas significantes implicadas na ação social observada em detrimento de um suposto "diagnóstico" de uma cultura ou realidade. Trata-se, para o antropólogo, de uma possibilidade de "alargamento do universo do discurso humano" (Geertz, 1978, p.24), de diálogo entre a cultura do pesquisador e do grupo/mundo pesquisado. A descrição, nesse sentido proposto pelo autor, pode propiciar o aprofundamento das análises requeri-

das pelas pesquisas qualitativas que almejam uma maior compreensão das representações subjetivas que subjazem ao entendimento do mundo e, sobretudo, dos fenômenos naturais que nunca cessam de requerer a atenção humana.

Considerações finais

As pesquisas em Educação em Ciências, ao assumirem uma perspectiva construtivista do conhecimento, deram um salto qualitativo no entendimento dos processos pelos quais o ensino e a aprendizagem das ciências podem se tornar frutíferos. No entanto, em termos metodológicos, torna-se premente uma revisão das bases teóricas até então utilizadas e, quiçá, uma maior atenção aos aportes oferecidos pela fenomenologia, através da qual toda pesquisa qualitativa em Educação revela-se fundamentalmente participante.

Referências bibliográficas

ALARCÃO, I. (Org.). *Formação reflexiva de professores*: estratégias de supervisão. Porto: Porto Editora, 1996.

BASTOS, F. et al. Da necessidade de uma pluralidade de interpretações acerca do processo de ensino e aprendizagem em Ciências: re-visitando os debates sobre construtivismo. In: BASTOS, F. et al. *Pesquisas em Ensino de Ciências*: contribuições para a formação de professores. São Paulo: Escrituras, 2004. p.9-56.

CANAVARRO, J. M. *Ciência e sociedade.* Coimbra: Quarteto, 1999. (Coleção Nova Era).

FALS BORDA, O. Aspectos teóricos da pesquisa participante: considerações sobre o papel e o significado da ciência na participação popular. In: BRANDÃO, C. R. (Org.). *Pesquisa participante.* São Paulo: Brasiliense, 1999. p.42-62.

GEERTZ, C. Uma descrição densa: por uma teoria interpretativa da cultura. In:_____. *A interpretação das culturas.* Rio de Janeiro: Zahar, 1978. p.13-41.

GEERTZ, C. Estar allí. La antropologia y la escena de la escritura. In:_____. *El antropólogo como autor*. Buenos Aires: Paidós, 1989. p.11-34.

GIL, A. C. *Métodos e técnicas de pesquisa social*. São Paulo: Atlas, 1999.

LÜDKE, M., ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em educação*: abordagens qualitativas. São Paulo: EPU, 1986. (Temas Básicos de Educação e Ensino).

MARCELO GARCÍA, C. *Formação de professores*: para uma mudança educativa. Porto: Porto Editora, 1999.

MARTINS, J. A pesquisa qualitativa. In: FAZENDA, I. (Org.). *Metodologia da pesquisa educacional*. 4.ed. São Paulo: Cortez, 1997. p.48-58.

MERLEAU-PONTY, M. *Fenomenologia da percepção*. 3.ed. São Paulo: Martins Fontes, 2006.

MINAYO, M. C. S. *O desafio do conhecimento*: pesquisa qualitativa em saúde. 7.ed. São Paulo: Hucitec, Rio de Janeiro: Abrasco, 2000.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de Ciências: para onde vamos? In: ESCOLA DE VERÃO PARA PROFESSORES DE PRÁTICA DE ENSINO DE FÍSICA, QUÍMICA E BIOLOGIA, 3, 1994, Serra Negra. *Anais...* Serra Negra/São Paulo: FEUSP, 1994. p.56-74.

NÓVOA, A. *Os professores e sua formação*. 2.ed. Lisboa: Dom Quixote, 1992.

OLIVEIRA, M. K. *Vygotsky*. Aprendizado e desenvolvimento: um processo histórico. 4.ed. São Paulo: Scipione, 2006.

PIAGET, J. *Seis estudos de Psicologia*. 22.ed. Rio de Janeiro: Forense Universitária, 1997.

POSNER, G. F., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W., GERTZOG, W. A. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v.66, p.211-227, 1982.

SCHÖN, D. A. *Educando o profissional reflexivo*: um novo design para o ensino e a aprendizagem. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

TARDIF, M. *Saberes docentes e formação profissional*. 3.ed. Petrópolis: Vozes, 2002.

_____, RAYMOND, D. Saberes, tempo e aprendizado do trabalho no magistério. *Educação & Sociedade (Campinas)*, n.73, p.209-244, 2000.

5

Os indicadores de alfabetização científica nos anos iniciais do ensino fundamental e o uso da história em quadrinhos como recurso didático em Ciências

Mariana Vaitiekunas Pizarro[3]
Jair Lopes Junior[4]

Introdução

As reflexões ora apresentadas expressam os principais resultados de uma pesquisa que objetivou verificar se práticas de ensino e de avaliação fundamentadas em preceitos da análise do comportamento (Baum, 1999; Skinner, 1968, 1975, 1991; Zanotto, 2000) e pautadas na utilização de histórias em quadrinhos (HQ) como re-

3. Doutoranda pelo Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência (Área de Concentração: Ensino de Ciências) – Faculdade de Ciências UNESP/Campus de Bauru e professora efetiva da rede estadual de ensino (Secretaria da Educação do Estado de São Paulo). *e-mail*: marianavpz@gmail.com.

4. Docente do Departamento de Psicologia, Faculdade de Ciências, UNESP/Campus de Bauru e do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência (Área de Concentração: Ensino de Ciências), Faculdade de Ciências, UNESP/Campus de Bauru. *e-mail*: jlopesjr@fc.unesp.br.

curso didático constituiriam condições adequadas para a aquisição e o desenvolvimento de indicadores da alfabetização científica por alunos dos anos iniciais do ensino fundamental.

Em concordância com diretrizes oficiais que preconizam a inserção de textos ficcionais e não literários nas atividades em sala de aula como recursos didáticos, a literatura acusa consensos em admitir contribuições das histórias em quadrinhos.

As propostas de Vergueiro (2004) para a elaboração de metodologias de trabalho com histórias em quadrinhos em sala de aula apresentam diversos exemplos do como incorporar esse material às práticas docentes tendo em vista ensinar conteúdos de forma atraente e motivadora. Contudo, a ausência de propostas desse tipo voltadas para conteúdos em ciências naturais abre uma lacuna interessante de ser explorada por pesquisadores e professores.

Muito embora as histórias em quadrinhos sejam objeto de estudo acadêmico por parte dos profissionais da comunicação há muito tempo, o uso desse material no campo educacional sugeriu a necessidade de pesquisas por parte de educadores não apenas para analisar ou criticar esse material, mas principalmente para demarcar suas contribuições como recurso didático para práticas de ensino e de avaliação de aprendizagens.

Assim como as demais áreas, o Ensino de Ciências também começa a buscar espaço nessas pesquisas. Alguns trabalhos acerca do uso de quadrinhos como recurso para o Ensino de Ciências em forma de artigos (por exemplo, Worner & Romero, 1998; González-Espada, 2003; Caruso & Cols, 2005; Gonçalves & Machado, 2005; Vílchez-González & Perales-Palácios, 2006; Carvalho & Martins, 2009) ou dissertações (Testoni, 2004; Soares, 2004; Kamel, 2006; Pizarro, 2009) relatam pesquisas direcionadas à análise desse material como recurso didático.

Nota-se através das reflexões propostas pelos estudos supracitados que não só é possível a realização de pesquisas acadêmicas com histórias em quadrinhos como também é fundamental que essas pesquisas apresentem dados que apontem sugestões na elaboração de metodologias que utilizem a HQ, bem como outros materiais,

de forma a priorizar a reflexão em Ciências e elevar a percepção dos alunos para além do humor e do entretenimento.

Importa destacar que boa parte dos estudos acadêmicos na área de Educação e na área de Ensino de Ciências reconhece o uso de HQs como recurso didático relevante para as aulas de Ciências em todos os níveis. E esses estudos destacam ainda o indiscutível papel do professor no trabalho de análise, triagem e uso desse material para que as informações por ele veiculadas não passem despercebidas pelos olhos atentos dos alunos e não tornem a sua visão da ciência estereotipada e equivocada.

Mesmo no ambiente formal de sala de aula, onde os alunos têm a oportunidade de entrar em contato com conhecimentos cientificamente aceitos, orientados pela prática do professor, não se pode ignorar a presença e influência dos mais diversos meios de divulgação da ciência. A história em quadrinhos é mais um desses instrumentos a serviço de práticas motivadoras no Ensino de Ciências, as quais devem ser planejadas com o intuito de promover em seus leitores repertórios consistentes com os objetivos da Educação em Ciências, a partir das informações recebidas não só pelos quadrinhos, mas por qualquer outro meio de divulgação científica que seja passível de análise e equívoco.

Os quadrinhos como recurso didático em Ciências: suas contribuições

Muitas são as sugestões apresentadas pelas pesquisas sobre o uso de quadrinhos como recurso didático em Ciências. Levando em consideração essas discussões, podemos destacar que, assim como qualquer outro material de divulgação científica, as HQs enquanto veículo de comunicação e entretenimento que também pode contribuir para que a prática pedagógica em ciências esteja mais próxima do interesse dos alunos e, ao mesmo tempo, permitir o estímulo a uma leitura mais apurada dos diversos textos que tratam de temáticas em Ciências, ainda que não sejam puramente

científicos, como panfletos entregues durante visitas em espaços informais de educação científica (museus, estações de tratamento de água), artigos em revista voltadas para o público infantil que envolvam curiosidades sobre temas científicos, entre outros.

Contudo, importa tratarmos de uma questão que faz com que muitos professores evitem o uso dos quadrinhos em sala de aula: a possibilidade de que contribuam para a disseminação de ideias inadequadas do ponto de vista científico. É sabido que as histórias em quadrinhos caracterizam-se por ser narrativas que trabalham com o imaginário e o humor do leitor e que muitas vezes fazem uso de diversos conceitos ou "pseudoconceitos" (especialmente os científicos) para enriquecer seu enredo. Sem a intenção de ser um "material didático", essas histórias transitam livremente entre informações reais e fictícias e muitas vezes essa acaba sendo a justificativa para excluir esse material de aulas mais elaboradas e relegá-lo para sempre ao "cantinho da leitura", esquecendo-se das contribuições que ele pode trazer justamente por ser uma arte próxima dos interesses dos alunos. No sentido dessa reflexão, Kamel & La Rocque (2006) destacam que os "erros conceituais" em histórias em quadrinhos não devem desmerecer a contribuição desse material para o ensino de Ciências, mas subsidiar a proposição de práticas que estimulem procedimentos de identificação e de descrição de ideias inadequadas, bem como de discussões sobre os conhecimentos cientificamente válidos e suas respectivas formas de produção.

Alfabetização científica: em busca de indicadores

Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais/Ciências Naturais (Brasil, 1997), o uso de diversas fontes de informação nas aulas de Ciências deve figurar como uma preocupação por parte dos professores, uma vez que muito do que o aluno conhece está vinculado à aquisição de informações no ambiente em que vive. E,

por vezes, esse conhecimento pode ter sido construído com informações equivocadas e que necessitam do apoio do professor.

Em relação à demarcação conceitual, Sasseron & Carvalho (2008) propuseram eixos estruturantes da alfabetização científica. Segundo as autoras, esses eixos cumpririam a relevante função de apoiar a idealização, o planejamento e a análise de propostas de ensino que objetivem a alfabetização científica em diferentes contextos. O primeiro eixo estruturante é definido pela compreensão básica da terminologia, dos conhecimentos e dos conceitos científicos fundamentais de uma determinada área. O segundo eixo concentra ênfase na compreensão da natureza da ciência e dos fatores éticos e políticos que envolvem a prática científica. Por seu turno, o terceiro eixo abrange a compreensão das relações existentes entre a ciência, a tecnologia, a sociedade e o ambiente.

Admite-se consenso em reconhecer a alfabetização científica como um processo que impõe às propostas de ensino de Ciências compromissos que superam o contato com noções e conceitos científicos, viabilizando a compreensão da dimensão pública da ciência a partir do acesso às informações, mas, em especial, fomentando repertórios de discussão, de reflexão e de posicionamentos críticos em relação aos temas que envolvem o trabalho da ciência, seus produtos, a utilização dos mesmos e os aspectos humanos, sociais e ambientais que circunscrevem tais trabalhos, seus produtos e a sua utilização.

Lorenzetti & Delizoicov (2001) propõem que a alfabetização científica seja

> compreendida como processo pelo qual a linguagem das Ciências Naturais adquire significados, constituindo-se um meio para o indivíduo ampliar o seu universo de conhecimento, a sua cultura, como cidadão inserido na sociedade. (Lorenzetti & Delizoicov, 2001, p.8-9)

Ainda segundo os autores, a escola em si, enquanto espaço formal de ensino, não consegue dar conta de alfabetizar cientifica-

mente seus alunos. Contudo, ainda que ela não consiga oferecer de forma adequada e plena as informações e os conhecimentos científicos que os indivíduos necessitam para a sua formação, deve proporcionar condições para tornar o aprendiz cada vez mais autônomo na busca e na análise de diferentes informações e conhecimentos. Assim, proporcionar aos alunos o contato com diversas fontes de informação e com diferentes estruturas de argumentação, para além do livro didático, é uma forma de auxiliar na complexa tarefa de possibilitar e ampliar os repertórios com os quais os alunos se posicionarão diante dos temas sociocientíficos que marcam a nossa vida em sociedade.

Nesses termos, a história em quadrinhos, como veículo de comunicação que faz parte do universo infantil, também pode ser considerada contribuinte na promoção da alfabetização científica.

Portanto, ainda destacando a importância da alfabetização científica nos anos iniciais, Sasseron & Carvalho (2008) apontaram que, a partir da proposição de consensos na demarcação conceitual de tal expressão, cumpre identificar possíveis indicadores desse processo, a saber, descrever e investigar medidas comportamentais que fundamentariam inferências sobre a manifestação da alfabetização científica, viabilizando intervenções e aprimoramentos constantes na mesma.

Segundo Sasseron & Carvalho (2008), o processo de alfabetização científica nos anos iniciais do ensino fundamental reveste-se de relevância inconteste considerando-se a necessidade do desenvolvimento e da construção de conhecimentos e de argumentações sobre temas científicos no contexto da escolarização básica. Assim, tais autoras propuseram como indicadores da alfabetização científica competências que, em uma interpretação analítico-comportamental (Hübner & Marinotti, 2004), seriam consistentes com a noção de que o aluno dos anos iniciais mantenha contato com classes de respostas (repertórios comportamentais) que definem o fazer ciência. Destarte, colocam-se aqui, como indicadores da alfabetização científica, efetuar a seriação de informações, organizar informações, classificar informações, raciocinar logicamente, ra-

ciocinar de modo proporcional e propor hipóteses sobre possíveis relações de causalidade.

Metodologia

Esta pesquisa investigou, com uma turma de 5º ano do ensino fundamental, condições que poderiam favorecer a caracterização das histórias em quadrinhos como recurso didático para o ensino de indicadores da alfabetização científica. De modo mais específico, este estudo verificou, com utilização de histórias em quadrinhos comerciais, possíveis contribuições de estratégias de ensino e de avaliação de aprendizagem de repertórios comportamentais consistentes com objetivos preconizados para o ensino de Ciências nos anos iniciais do ensino fundamental, admitindo que tais repertórios se constituiriam em medida de indicadores mais genéricos do processo de alfabetização científica para esse período da educação básica.

A coleta de dados foi realizada em uma escola pública de ensino fundamental de uma cidade localizada no interior do Estado de São Paulo. Participaram, inicialmente, 28 alunos regularmente matriculados em determinada turma. Os aspectos éticos relacionados com a execução da pesquisa em ambiente institucional foram submetidos e aprovados pelo Comitê de Ética em Pesquisa da instituição dos pesquisadores.

Foram utilizados, como recursos materiais, uma filmadora digital portátil, aplicativos para gravação e edição de dados digitais, quatro histórias em quadrinhos publicadas em gibis comerciais de periodicidade mensal e roteiros digitados, com fotocópias para cada aluno e descrição das atividades previstas com cada história.

Os procedimentos adotados por parte da pesquisadora para a realização da coleta de dados visaram à obtenção de alguns dos objetivos propostos pelos Parâmetros Curriculares Nacionais de Ciências Naturais para o 2º ciclo do ensino fundamental (3ª e 4ª séries). Os objetivos selecionados foram explicitados no planeja-

mento de cada uma das quatro aulas ministradas. As atividades efetuadas em sala de aula foram planejadas de modo a favorecer a aquisição e o desenvolvimento de medidas comportamentais consistentes com os objetivos selecionados. Foram utilizadas as seguintes histórias em quadrinhos como instrumento didático-pedagógico: Papa Capim em: *Vara de pescar* (Sousa, 2007); Chico Bento em: *Arroz, feijão e ovo frito* (Sousa, 1993); Chico Bento em: *Bicho homem* (Sousa, 2004); Papa Capim em: *Tribunal da selva* (Sousa, 2006).

A coleta de dados realizada nesta pesquisa envolveu registros em vídeo de quatro aulas consecutivas, e a coleta da produção escrita de 28 alunos que interagiram com as atividades executadas nas quatro aulas. As filmagens foram efetuadas por uma graduanda da área de Artes Gráficas com adequada ambientação prévia com o grupo.

Foram estabelecidos os seguintes critérios para seleção dos dados: alunos faltosos e com recorrentes atividades em branco foram excluídos. Assim, com um total de 14 alunos presentes nos quatro dias de coleta e com todas as atividades preenchidas e/ou realizadas, foi efetuada a classificação das respostas desses alunos em subgrupos semanticamente relacionados, ou seja, com respostas que apresentavam características semânticas equivalentes considerando os indicadores selecionados (Quadro 1).

Para a turma de 5º ano participante foram ministradas cinco aulas consecutivas por um dos pesquisadores. O Quadro 1 informa, para cada uma das quatro aulas iniciais, a história em quadrinhos utilizada, bem como os respectivos objetivos, expressos sob a designação de possíveis indicadores para o processo de alfabetização científica no final de ciclo (5º ano) do ensino fundamental.

Na primeira aula foi utilizada a história em quadrinhos *Vara de pescar* (Sousa, 2007). O enredo da história trata da poluição em um rio. As imagens ilustram a responsabilidade do homem com a condição poluída do rio. O índio Papa Capim encontra uma vara de pescar e decide abandonar a sua lança para testar a ferramenta do "caraíba" (humano). Recorrentemente, o índio "pesca" objetos

	1ª aula	2ª aula	3ª aula	4ª aula
Tema	Interferências humanas no ambiente (Preservação de recursos naturais)	Interferências humanas no ambiente (Alimentação)	Cadeia alimentar e funções dos seres vivos	Cadeia alimentar e relações entre os seres vivos
História em quadrinhos	*Vara de pescar* (Sousa, 2007)	*Arroz, feijão e ovo frito* (Sousa, 1993)	*Bicho homem* (Sousa, 2004)	*Tribunal da selva* (Sousa, 2006)
Indicadores	Ler* Identificar** Descrever** Discutir/argumentar** Seriar/escrita Organizar/escrita Classificar/escrita Inferir causalidade**	Ler* Relacionar** Descrever funções** Classificar**	Ler* Relacionar** Exemplificar** Propor hipóteses** Inferir causalidade**	Ler* Interpretar** Confrontar suposições** Exemplificar** Propor hipóteses**

Quadro 1 – Histórias em quadrinhos utilizadas em cada aula ministrada, com os respectivos indicadores priorizados pelas atividades executadas considerando os temas das aulas

* Nas modalidades silenciosa e oral.

** Nas modalidades oral e escrita.

diferentes de um peixe: garrafas, panelas, pneus, latas, etc. Ao terminar a tarefa de limpeza do rio, compartilha com seu amigo Cafuné a descoberta: na realidade, os caraíbas usam a ferramenta vara para a limpeza do rio, o que se trata de uma grande invenção. Mas a verdadeira pesca seria realizada mais adequadamente com a sua lança.

Na segunda aula, a história *Arroz, feijão e ovo frito* (Sousa, 1993) apresenta o personagem Chico Bento, que vive na zona rural e encontra-se saturado da comida cotidiana e repetitiva desse local. Chico Bento se mostra animado com o convite de passar uma semana na zona urbana com o primo, com acesso a diferentes cardápios. Na cidade grande, as ilustrações sugerem o desgaste de Chico Bento com as comidas diferentes, mas não saudáveis, que caracterizam, de modo estereotipado, a alimentação em tal ambiente. No seu retorno à zona rural, a mãe logo anuncia a manutenção do mesmo cardápio da semana anterior. Desta feita, as ilustrações expressam a satisfação de Chico Bento com a alimentação simples da zona rural.

A história *Bicho homem* (Sousa, 2004) foi utilizada na terceira aula. Chico Bento, na escola, faz a leitura de uma redação na qual tenta explicar "a lei do mais forte" (Sousa, 2004) através de uma cadeia alimentar. Utiliza esse argumento para criticar o homem como único ser vivo capaz de matar por interesses e não para a subsistência. Ao notar a decepção dos colegas e da professora com os argumentos pessimistas expressos na redação sobre as relações entre o homem e a natureza, Chico Bento finaliza a leitura expondo atitudes do homem que o tornariam um protetor da natureza e esse desfecho agrada aos colegas da sala de aula.

Na quarta aula foi utilizada a história *Tribunal da selva* (Sousa, 2006). Há a discussão entre o índio Papa Capim e um menino da cidade sobre a natureza valorativa mais adequada para a relação de predação na alimentação dos animais derivada da caça de outros animais. O índio tenta demonstrar os vínculos entre a caça e a subsistência, enquanto o menino insiste no argumento de que se trata de um exemplo de maldade dos animais. Os argumentos do índio

não alteram as ideias do menino da cidade. Ao final, o índio define como injusta a aplicação de qualificações como maldade para julgar as condições de subsistência dos animais, afirmando que tais julgamentos parecem expressar o desconhecimento das regras da natureza. Importa destacar aqui que as quatro histórias selecionadas permitiriam a abordagem de vários aspectos: motivação, dimensões afetivas dos alunos quanto ao enredo das histórias e até mesmo conteúdos atitudinais diante de algumas questões suscitadas por elas, mas, em razão das delimitações de nosso estudo, optou-se por não aprofundar essas questões.

O Quadro 2 descreve, de modo sucinto, as estratégias adotadas nas quatro aulas iniciais.

Na quinta e última aula, a professora solicitou dos alunos, oralmente e por escrito, a produção de uma história em quadrinhos que, na avaliação deles, cumpriria a função de ensinar alguns dos conceitos estudados através das histórias utilizadas nas aulas anteriores. Assim, os alunos deveriam escolher conceitos científicos estudados nas quatro aulas anteriores e produzir, numa folha previamente preparada, com espaço limitado de duas páginas de um gibi, uma história que pudesse ensinar os conceitos selecionados para futuros leitores.

Analisando os dados em busca de indicadores

Os principais resultados obtidos sustentaram algumas características recorrentes durante as quatro aulas iniciais ministradas. Constatou-se que a leitura silenciosa inicial pelos alunos apresentou-se como condição relativamente satisfatória para a produção das respostas previstas para as perguntas literais da tabela de análise da HQ. Contudo, esse mesmo indicador não foi condição suficiente para a produção das respostas corretas no caso das perguntas inferenciais, mesmo após o esclarecimento oral de vocabulário, ortografia e gramática, o que indica claramente a importância do professor no auxílio à leitura e interpretação das histórias.

continua →

	1ª aula	2ª aula
Estratégias de ensino e de avaliação	Solicitar leitura silenciosa pelos alunos.	Solicitar leitura silenciosa pelos alunos.
	Indagar sobre dúvidas formais/vocabulário, gramática.	Indagar sobre dúvidas formais/vocabulário, gramática.
	Solicitar preenchimento da Tabela de Análise (TAHQ).*	Solicitar preenchimento da Tabela de Análise (TAHQ).*
	Efetuar, com os alunos, a leitura oral e comentada da história.	Efetuar, com os alunos, a leitura oral e comentada da história.
	Corrigir oralmente as respostas da tabela.	Corrigir oralmente as respostas da tabela.
	Solicitar identificação, discussão e classificação das interferências do homem na natureza. Organizar, nas modalidades oral e escrita, a comparação e a análise da produção dos alunos sobre a tarefa anterior.	Solicitar, por escrito, comparações entre hábitos alimentares das zonas rural e urbana. Solicitar seriação e classificação de alimentos em função da origem. Discutir características das funções de produção, consumo e decomposição. Solicitar classificação dos componentes dos pratos favoritos e de pratos da culinária "caipira". Organizar, nas modalidades oral e escrita, a comparação e a análise da produção dos alunos sobre as tarefas de classificação.

Quadro 2 – Descrição das estratégias adotadas com utilização das histórias em quadrinhos

* Tabela com questões literais (identificação de características indicadas na história) e inferenciais (respostas que exigiam interpretações sobre possíveis significados das expressões).

← *continuação*

		3ª aula	4ª aula
		Leitura oral pela professora.	Solicitar leitura silenciosa pelos alunos.
		Indagar sobre dúvidas formais/vocabulário, gramática.	Indagar sobre dúvidas formais/vocabulário, gramática.
		Solicitar preenchimento da Tabela de Análise (TAHQ).*	Solicitar preenchimento da Tabela de Análise (TAHQ).*
		Atividade realizada no início da aula, pois a HQ demandava uma leitura comentada.	Efetuar, com os alunos, a leitura oral e comentada da história.
		Corrigir por escrito, na lousa, as questões de classificação da tabela.	Corrigir oralmente as respostas da tabela.
	Estratégias de ensino e de avaliação	Propor exercício de discussão e de argumentação oral sobre hipóteses derivadas das respostas à tabela. Solicitar ordenação da cadeia alimentar expressa na HQ. Fornecer modelo de ordenação distinto da HQ. Solicitar segundo exercício de ordenação com novos exemplos. Solicitar exposição coletiva das respostas para o grupo. Efetuar correções nos trabalhos apresentados.	Ler exemplos de relações entre seres vivos (predação, parasitismo...) e solicitar a redação de exemplos das relações apresentadas. Solicitar comentários e argumentos para os exemplos fornecidos. Expor questionário com questões derivadas do tema discutido na HQ entre os dois personagens. Solicitar discussões e argumentações sobre as respostas expostas para o grupo.

Após a correção coletiva das respostas fornecidas para as tabelas de análise relativas a cada HQ, no âmbito de cada aula ministrada, a professora forneceu novas informações e atividades que exigiam diferentes níveis de interpretações, classificações, exemplificações e proposição de hipóteses. As estratégias adotadas após o trabalho com as tabelas de análise exigiam respostas literal e inferencial com base em materiais distintos, mas ainda assim relacionados com os conteúdos expressos nas respectivas HQ.

No contexto de cada aula ministrada, de acordo com os principais resultados de um subgrupo de alunos, os desempenhos nitidamente evidenciaram que a correção oral e coletiva das respostas fornecidas para as questões da tabela de análise da HQ constituiu-se em condição crítica para a manifestação dos indicadores previstos em todas as demais atividades da aula. Todavia, no âmbito das restrições metodológicas da pesquisa, em especial a coleta em cinco aulas consecutivas num espaço de uma semana, constatou-se que as intervenções orais da professora na correção das respostas da tabela de análise não sustentaram efeitos cumulativos evidentes de uma aula para a subsequente. Em outros termos, os efeitos favoráveis de tais correções se mostraram concentrados na aula em questão. Quando da passagem para a aula subsequente, com uma nova história, novo tema e novas atividades, mostrou-se saliente a necessidade das intervenções sob a forma de correção das respostas para as questões inferenciais como condição para o aprimoramento dos indicadores.

Para um segundo subgrupo de alunos, alterações importantes em características dos indicadores foram constatadas somente nas interações finais, em atividades de discussão coletiva propostas pela professora, mediante o contato do aluno com exemplos específicos da ocorrência do indicador sob dadas circunstâncias. Nessas situações, a professora cumpriu a relevante tarefa de diferenciar entre a produção mecânica da resposta prevista e o desenvolvimento e a manifestação dos indicadores desejados.

As histórias produzidas na última aula exibiram diversidade de temas selecionados. Dentre esses temas, cabe destacar, em razão da

qualidade das histórias produzidas, a cadeia alimentar, o parasitismo, o desmatamento, o comensalismo e o mutualismo, a preservação e a alimentação dos seres vivos. A análise das histórias produzidas pelos alunos concentrou-se em caracterizar a manifestação dos indicadores sob condições distintas daquelas nos quais os mesmos foram ensinados nas quatro aulas anteriores.

Diante da tarefa de produzir uma HQ, por exemplo, muitos alunos poderiam replicar as histórias, os diálogos, os exemplos previamente estudados, acusando, assim, restrições na manifestação dos indicadores sob condições distintas daquelas que definiram as suas aprendizagens.

Contudo, a produção dos alunos sugere a manifestação de características favoráveis dos indicadores selecionados. Alguns alunos expressaram propriedades que definem a natureza de determinadas relações em histórias distintas daquelas utilizadas. Além disso, em algumas histórias ocorreram críticas em relação a comportamentos vinculados com a poluição e o desmatamento a partir de elementos de argumentação ausentes na HQ original, mas presentes nas discussões em sala posteriormente.

Considerações finais

O principal objetivo deste estudo consistiu em verificar, com a utilização de histórias em quadrinhos comerciais, possíveis contribuições de estratégias de ensino e de avaliação de aprendizagem de determinados repertórios consistentes com objetivos preconizados para o ensino de Ciências nos anos iniciais, admitindo que tais repertórios se constituem em medidas de indicadores mais genéricos do processo de alfabetização científica.

Em síntese, os resultados salientaram uma replicação sistemática de evidências dispostas e discutidas na literatura científica sobre indicadores da alfabetização científica nos anos iniciais do ensino fundamental, bem como viabilizaram demonstrações empíricas de argumentos cotejados no âmbito das discussões sobre a uti-

lização das histórias em quadrinhos como recurso didático no ensino de Ciências.

Nesta pesquisa, as estratégias utilizadas objetivaram proporcionar condições para a expressão inicial dos indicadores selecionados e convergiram em propor atividades que permitissem a manifestação progressiva, dialogada e orientada dos indicadores, com tentativas constantes de manutenção de vínculos com indicadores e conteúdos já trabalhados. Desse modo, a replicação ora discutida fortalece o argumento de que a proposição e a identificação de indicadores encontram-se condicionadas ao planejamento de atividades de ensino que estimulem expressões, ações dos alunos sobre o conteúdo discutido, considerando que tais expressões e ações congregam variados repertórios comportamentais com níveis distintos de complexidade em relação aos aspectos motores, cognitivos, algorítmicos e heurísticos envolvidos (Sasseron & Carvalho, 2008; Tytler & Peterson, 2003).

Por fim, quanto à literatura que advoga méritos para as histórias em quadrinhos como recurso didático, a utilização de tal recurso no contexto da investigação de indicadores do processo de alfabetização científica salientou um aspecto crítico a ser devidamente salientado: seguramente, os méritos das histórias em quadrinhos como recurso didático no ensino de Ciências encontra-se, de modo decisivo, vinculado às características das atividades de mediação conduzidas pelo professor. Muito embora essa argumentação encontre-se devidamente presente em literatura pertinente, os dados desta pesquisa evidenciaram contribuições das histórias em quadrinhos como recurso didático. Igualmente, salientaram que a promoção de alterações qualitativas significativas nos indicadores investigados não prescinde de estratégias de ensino e de avaliação devidamente planejadas e orientadas para a produção das medidas comportamentais que definem tais indicadores.

Referências bibliográficas

BAUM, W. *Compreender o behaviorismo*: ciência, comportamento e cultura. Porto Alegre: Artmed, 1999.

BRASIL. Secretaria de Educação Fundamental. *Parâmetros Curriculares Nacionais:* Ciências Naturais/Secretaria de Educação Fundamental. 136p. Brasília: MEC/SEF, 1997.

CARUSO, F., CARVALHO, M., SILVEIRA, M. C. O. Ensino não-formal no campo das Ciências através dos quadrinhos. *Ciência e Cultura* (*Campinas*), v.57, n.4, p.33-5, 2005.

CARVALHO, L. S., MARTINS, A. F. P. Os quadrinhos nas aulas de Ciências Naturais: uma história que não está no gibi. *Revista Educação em Questão (Natal)*, v.35, n.21, 2009.

GONÇALVES, R., MACHADO, D. M. Comics: investigación de conceptos y de términos paleontológicos, y uso como recurso didáctico en la educación primaria. *Enseñanza de las Ciências (Barcelona)*, v.23, n.2, p.263-74, 2005. Disponível em <http://ddd.uab.es/pub/edlc/02124521v23n2p263.pdf>. Acesso em 19/8/2008.

GONZÁLEZ-ESPADA, W. J. Integrating physical science and the graphic arts with scientifically accurate comic strips: rationale, description, and implementation. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v.2, n.1, p.1-10, 2003. Disponível em <http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen2/Numero1/Art4.pdf>. Acesso em 19/8/2008.

HÜBNER, M., MARINOTTI, M. *Análise do comportamento para a educação*: contribuições recentes. Santo André: ESETec, 2004.

KAMEL, C. R. L. *Ciências e quadrinhos*: explorando as potencialidades das histórias como materiais instrucionais. Rio de Janeiro, 2006. 113f. Dissertação (mestrado em Ensino em Biociências e Saúde) – Instituto Oswaldo Cruz – Fiocruz.

______, LA ROCQUE, L. As histórias em quadrinhos como linguagem fomentadora de reflexões – uma análise de coleções de livros didáticos de Ciências Naturais do ensino fundamental. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v.6, n.3, p.59-76, 2006.

LORENZETTI, L. O ensino de Ciências Naturais nas séries iniciais. *Revista Virtual Contestado e Educação (Caçador – Santa Catarina)*, v.2, 2002. Disponível em <http://www.cdr.unc.br/PG/Revista-Virtual/NumeroDois/Artigo1.htm>. Acesso em 15/10/2008.

_____, DELIZOICOV, D. Alfabetização científica no contexto das séries iniciais. *Revista Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências (Belo Horizonte)*, v.3, n.1, 2001. Disponível em <http://www. fae.ufmg.br/ensaio/v3_n1/leonir.PDF>. Acesso em 15/10/2008.

MEGID NETO, J., FRACALANZA, H. O livro didático de Ciências: problemas e soluções. *Revista Ciência & Educação (Bauru)*, v.9, n.2, p.147-57, 2003.

PIZARRO, M. V. *Histórias em quadrinhos e o ensino de Ciências nas séries iniciais*: estabelecendo relações para o ensino de conteúdos curriculares procedimentais. Bauru, 2009. 188f. Dissertação (mestrado em Educação para a Ciência) – UNESP, Faculdade de Ciências.

RAMOS, L., ROSA, P. O ensino de Ciências: fatores intrínsecos e extrínsecos que limitam a realização de atividades experimentais pelo professor dos anos iniciais do ensino fundamental. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.13(3), p.299-331, 2008.

SASSERON, L. H. *Alfabetização científica no ensino fundamental*: estrutura e indicadores deste processo em sala de aula. São Paulo, 2008. 265p. Tese (doutorado) – Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.

_____, CARVALHO, A. M. P. Almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.13(3), p.333-52, 2008.

SILVA, J. N. HQ nos livros didáticos. In: LUYTEN, S. M. B. (Org.). *História em quadrinhos*: leitura crítica. São Paulo: Edições Paulinas, 1984.

SKINNER, B. F. *Questões recentes na análise comportamental*. Campinas: Papirus, 1991.

_____. *Tecnologia do ensino*. São Paulo: Edusp, 1975.

_____. Teaching science in high school – What is wrong? *Science*, n.159, p.704-10, 1968.

SOARES, A. H. M. *A Química e a imagem da ciência e dos cientistas na banda desenhada:* uma análise de livros de B. D. e de opiniões e interpretações de investigadores, professores de C. F. Q. e alunos do 3º ciclo. Portugal, 2004. 313 f. Dissertação (mestrado em Química – Especialização em Ensino) – Universidade de Minho. Disponível em <http://hdl.handle.net/1822/590>. Acesso em 21/7/2008.

SOUSA, M. Chico Bento em Arroz, feijão e ovo frito. *Chico Bento,* n.167, p.27-33. jun. 1993. São Paulo: Globo.

______. Chico Bento em O bicho homem. *Chico Bento*, n.437, p.59-65, jun. 2004. São Paulo: Globo.

______. Papa Capim em Tribunal da selva. *Almanaque da Magali*, n.54, p.35-9. jun. 2006. São Paulo: Globo.

______. Papa Capim em Vara de pescar. *Chico Bento*, n.1, p.30-3, jan. 2007. Barueri (SP): Panini Comics.

TESTONI, L. A. *Um corpo que cai*: as histórias em quadrinhos no ensino de Física. São Paulo, 2004. 158 f. Dissertação (mestrado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

TYTLER, R., PETERSON, S. Tracing young children's scientific reasoning. *Research in Science Education*, n.33, p.433-65, 2003.

VERGUEIRO, W., RAMOS, P. (Org.). *Quadrinhos na educação*: da rejeição à prática. São Paulo: Contexto, 2009.

______; et al. *Como usar história em quadrinhos na sala de aula.* São Paulo: Contexto, 2004.

______, SANTOS, R. E. A pesquisa sobre histórias em quadrinhos na Universidade de São Paulo: análise da produção de 1972 a 2005. *UNIrevista (São Leopoldo – RS)*, v.1, n.3, p.1-12, jul. 2006. Disponível em <http://www.unirevista.unisinos.br/pdf/UNIrev_VergueiroSantos.PDF>. Acesso em 19/8/2008.

VÍLCHEZ-GONZÁLEZ, J. M., PERALES-PALACIOS, F. J. Image of science in cartoons and its relationship with the image in comics. *Physics Education*, v.41, p.240-9, 2006. Disponível em <http://www.iop.org/EJ/abstract/0031-9120/41/3/006/>. Acesso em 12/1/2009.

WORNER, C. H., ROMERO, A. Una manera diferente de enseñar física: Física y humor. *Enseñanza de las Ciências (Barcelona)*, v.16,

n.1, p.187-92, 1998. Disponível em <http://www.raco.cat/index.php/Ensenanza/article/view/83244/108227>. Acesso em 19/8/2008

ZANOTTO, M. L. *Formação de professores:* contribuições da análise do comportamento. São Paulo: Educ/Fapesp, 2000.

6

Tensões e possibilidades expressadas por professores de Ciências em exercício sobre a abordagem Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

Leonardo Fabio Martínez Pérez[1]
Washington Luiz Pacheco de Carvalho[2]

Introdução

Conforme Aikenhead (2005), a abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) surgiu nas décadas de 1960 e 1970, como um movimento de renovação curricular de Ciências, com discussões sobre os objetivos da formação científica e tecnológica nas escolas, os processos de ensino e aprendizagem de Ciências, a formação dos professores e a elaboração de políticas públicas educacionais.

---

1. UPN – Universidad Pedagógica Nacional – Bogotá (Colômbia). Docente do Departamento de Química. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Faculdade de Ciências, campus de Bauru, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Bolsista da Capes/CNPq – IEL Nacional – Brasil. *e-mail:* leonarquimica@gmail.com.
2. UNESP – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Faculdade de Engenharia/Campus de Ilha Solteira. Professor adjunto, Departamento de Física e Química. *e-mail:* washcar@dfq.feis.unesp.br.

Desde o começo, o movimento CTS esteve relacionado com as reivindicações de movimentos sociais mais amplos, tais como: o contracultural, o *pugwash* e o ambientalista, que em grandes linhas representavam uma resposta crítica e certo modo de enfrentamento à ordem vigente da época, caracterizada por conflitos bélicos e processos de dominação política e controle cultural.

Nesse contexto, o movimento CTS no ensino constituiu uma resposta às correntes do ativismo social e pesquisa acadêmica que, desde as décadas de 1960 e 1970, reclamavam uma compreensão crítica da ciência e da tecnologia no contexto social (López, 2000).

As influências do movimento CTS reclamavam um Ensino de Ciências humanístico em oposição ao ensino elitista e tecnocrático, tendo a pretensão de superar o *statu quo* dominante da educação científica e tecnológica caracterizado pelo ensino conteudista e compartimentalizado das disciplinas científicas (Química, Física e Biologia).

Precisamente o trabalho de Hurd (1975) representava um esforço importante para problematizar a abordagem disciplinar do Ensino de Ciências para a década de 1970. No entanto, só a partir da década de 1980 e 1990 seria evidenciada uma ênfase importante do Ensino de Ciências com enfoque CTS como orientação pedagógico-didática para a reestruturação dos currículos de Ciências.

No contexto latino-americano, a preocupação pelo movimento CTS no Ensino de Ciências emergiu na década de 1990 e foi fortemente influenciada pelos trabalhos da Espanha e de Portugal. No entanto, é importante precisar que os estudos Ciência, Tecnologia e Sociedade, como campo de trabalho nas humanidades e Ciências Sociais, possuem uma história mais antiga no contexto latino-americano, registrando sua aparição no fim da década de 1960.

Segundo Vaccarezza (1998), a origem dos estudos CTS na América Latina teve como foco a análise de políticas públicas de ciência e tecnologia, destacando-se os trabalhos de Jorge Sabato, Amilcar Herrera, Miguel Wionseck, Máximo Halty, Francisco Sagasti, Osvaldo Sunkel, Marcel Roche e José Leite Lopes. Vários deles eram cientistas transformados em pensadores sociais e ideólogos a partir

da reflexão de sua própria experiência. Também no grupo havia economistas que participaram da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL).

Conforme Sutz (1998), o contexto social latino-americano, no qual emergiram os estudos CTS foi caracterizado pelas significativas diferenças sociais que limitam o acesso de bens materiais e culturais a grandes camadas da população e que em determinadas situações de pobreza podem chegar a constituir uma exclusão da modernidade, pois muitos cidadãos não têm acesso aos benefícios que poderiam trazer a ciência e a tecnologia.

De acordo com Pedretti et al. (2008), aproximadamente até o final da década de 1990, as pesquisas de alcance internacional preocupadas com a renovação pedagógica e curricular da educação científica e tecnológica para todos e todas adotavam a sigla CTS; no entanto, nos últimos anos, vários autores têm adicionado a dimensão ambiental (A) às relações CTS, o que oferece uma denominação mais ampla.

Nesse sentido, adotamos a denominação CTSA para referir-nos a uma abordagem contemporânea de CTS que abrange os seguintes aspectos: formação para cidadania (Solbes & Vilches, 2004; Martínez, Cattuzzo & Carvalho, 2009), compreensão da natureza da ciência e da tecnologia (Manassero & Vázquez, 2000; Praia, Gil-Pérez & Vilches, 2007), dimensão pessoal e política da ciência (Hodson, 1994, 2003), desenvolvimento do raciocínio ético-moral (Pedretti, 2003), reconstrução sociocrítica (Barrett & Pedretti, 2005) e sustentabilidade.

Segundo o nosso ponto de vista, a sustentabilidade é um elemento estrutural da dimensão ambiental da abordagem CTSA e implica a análise de problemas socioambientais de ordem global e local que são entrelaçados aos desafios adjacentes à degradação do ambiente e da sociedade.

No caso do contexto latino-americano, vários autores têm proposto uma visão crítica para a abordagem CTSA no Ensino de Ciências, de modo que a educação científica e tecnológica contribua para o encorajamento dos estudantes para participarem ati-

vamente nas controvérsias que envolvem questões sociocientíficas e ambientais (Martínez & Rojas, 2006; Martínez, Pena & Villamil, 2007; Santos, 2008; e Mion, Alves & Carvalho, 2009).

Apesar das particularidades apontadas anteriormente sobre o contexto latino-americano, no mundo inteiro há uma emergência em se constituir um Ensino de Ciências com enfoque CTSA como área de pesquisa (Cachapuz et al., 2008). Desta forma, diferentes trabalhos defendem a importância da formação crítica em questões de C&T de todos os cidadãos, no contexto do compromisso e da responsabilidade individual e social.

Aikenhead (2005) já reconhecia a relevância outorgada à dimensão ambiental em alguns trabalhos de pesquisa CTS e destacava a apropriação dessa dimensão no Canadá e em Israel. O israelense Toller (1991) realizou uma pesquisa com professores de Ciências em formação inicial e em exercício com o objetivo de analisar diferentes estilos de ensino e aprendizagem dos professores ao lidar com problemas abertos relacionados com CTSA.

Apesar dos grandes avanços da abordagem CTSA na renovação do Ensino de Ciências, ainda são registradas dificuldades no desenvolvimento dessa abordagem na prática do professor de Ciências (Pedretti et al., 2008). Neste sentido, a autora citada argumenta que as dificuldades começam quando os professores decidem trabalhar com seus estudantes questões com respeito ao poder, ao raciocínio ético e à ação responsável.

Tipicamente, o ensino convencional apresenta a ciência como um conjunto de conhecimentos a ser memorizado e ocasionalmente aplicado no mundo real e pouco é feito para que os estudantes pensem sobre ciência e tecnologia como atividades sociais e culturais com forte peso em valores e questões de interesse social (Pedretti, 2003).

Precisamente, o Ensino de Ciências com enfoque CTSA busca problematizar a visão cientificista da ciência resgatando suas implicações sociais, políticas, culturais e éticas como aspectos relevantes para compreender o empreendimento científico em seu

decorrer histórico mediado por diversos interesses, ideologias e pontos de vistas em disputa.

No contexto das pesquisas CTSA no Ensino de Ciências, interessa-nos estudar a questão da formação de professores, pois os professores têm uma grande responsabilidade em orientar a educação científica e tecnológica dos cidadãos nos diferentes níveis e modalidades do ensino. Por tal razão, investir na formação de professores é de vital importância para a transformação de nossas sociedades.

Levando em consideração a preocupação pelo desenvolvimento da abordagem CTSA na prática do professor de Ciências, este trabalho faz parte de uma pesquisa mais ampla, na qual se busca a análise crítica de discursos de professores de Ciências em exercício ao trabalharem questões sociocientíficas no seu ensino.

De acordo com o exposto anteriormente, neste artigo propomos a seguinte questão de pesquisa: que tensões e que possibilidades os professores de Ciências expressam sobre a abordagem da abordagem CTSA no seu ensino?

Metodologia

Com o objetivo de compreender as tensões e as possibilidades expressas pelos professores de Ciências sobre a abordagem CTSA em seu ensino, estruturamos uma metodologia qualitativa. De acordo com esse tipo de pesquisa concebemos a realidade estudada como uma construção social e subjetiva, reconhecendo que nossas ações neste processo estão carregadas de intenções e valores que influenciam nosso trabalho de campo, na coleta dos dados e nas próprias análises.

Conforme Denzin & Lincoln (2006, p.17), "a pesquisa qualitativa é uma atividade situada que localiza o observador no mundo" através de um conjunto de práticas materiais interpretativas com as quais buscamos a compreensão do mundo social. Assim, essas prá-

ticas vão se materializando e representando a situação estudada por meio de diversos registros qualitativos.

A parte empírica da pesquisa foi realizada no decorrer de uma disciplina denominada Ensino de Ciências com Enfoque CTSA a Partir de Questões Sociocientíficas, proposta pelo autor principal deste trabalho e oferecida em um curso de mestrado em Ensino de Ciências pertencente a uma universidade governamental da Colômbia.

No total, participaram da disciplina 31 professores de Ciências; a maior parte deles lecionava Química e/ou Biologia no ensino básico (ensino fundamental e ensino médio) e outros poucos lecionavam matérias de Ciências (Química, Bioquímica, Farmácia) no ensino superior.

Em conformidade com a questão de pesquisa deste trabalho apresentamos a análise dos dados constituídos em dois dos sete encontros realizados no decorrer da disciplina. Esses dois encontros tiveram o objetivo de estudar os aspectos centrais da abordagem CTSA, relacionando-os com a prática de ensino dos professores.

Tensões e possibilidades da abordagem CTSA no Ensino de Ciências

Na discussão desenvolvida com os professores sobre a abordagem CTSA, identificamos a questão da cidadania como um elemento central que envolve a tensão entre a pretensão de educar para o exercício da cidadania e a instrumentalização do currículo que limita essa pretensão:

> Roberta:[3] Gostaria de retomar a pergunta: que tipo de cidadãos queremos formar? Penso que são cidadãos que tenham capacidade

3. Todos os trechos ou fragmentos que serão apresentados fazem parte da transcrição elaborada das gravações de áudio dos encontros realizados com os professores. Os nomes que serão apresentados nestes trechos são fictícios.

de participação, não só democrática, mas também não democrática, porque, quando nos referimos à participação, a participação não implica necessariamente que o estudante esteja de acordo com o que estão dizendo os outros, então o não democrático se torna aquele que em determinados momentos pode ser contra aquilo que dizem as outras pessoas. A participação não só se apresenta de uma forma, mas tem múltiplas formas e, neste sentido, penso que a participação cidadã tem que ser com o conhecimento da diversidade, então a participação se gera dentro das discussões e da formação dos estudantes. Essa participação exige tonalidades e implica que o estudante comece a refletir e a conhecer a diversidade dos outros, então, em algum momento, a participação pode criar confrontos, pois há que reconhecer a diversidade.

Fernanda: Eu complementaria o que disse Roberta e me parece que devemos formar cidadãos que tenham essa capacidade de participação, mas eu agregaria a parte de responsabilidade social, porque é muito bom que participem e tenham essa habilidade, mas, se não participam com responsabilidade, estaríamos nos posicionando em outro extremo. Saber até onde podemos participar sem prejudicar ou transgredir os direitos dos outros.

No fragmento apresentado anteriormente observamos no turno[4] 15 que a professora Roberta produz um significado da cidadania voltado à participação e ao reconhecimento dos outros em seus diferentes contextos sociais. A professora Fernanda salienta que, além da participação, a justiça social é um elemento importante do exercício da cidadania.

Precisamente um objetivo importante da abordagem CTSA é a educação para a cidadania, de tal maneira que o Ensino de Ciências esteja focado na formação de estudantes capazes de posicionar-se

4. Conforme Santos, Mortimer & Scott (2001), a expressão turno de fala se refere a uma forma de demarcar a mudança de um determinado falante, quando um dos interlocutores toma para si a elaboração de uma fala. A numeração dos turnos apresentados corresponde à ordem como aparecem na transcrição realizada das gravações de áudio.

diante das controvérsias sobre ciência e tecnologia que ocorrem no mundo atual.

Contudo, a abordagem CTSA, voltada à educação cidadã, enfrenta, na realidade escolar, grandes tensões com o currículo tecnicista vigente nas instituições educacionais e que fragmenta o conhecimento em disciplinas e tempos reduzidos para o trabalho educativo. Essas tensões são apontadas nas intervenções do professor Lucas (ver o trecho seguinte), que ressalta as características do currículo rígido, que não oferece tempo nem espaços de discussão com os estudantes. A fala desse professor envolve um discurso educacional de impossibilidade da abordagem CTSA, no entanto, esse discurso é problematizado pela professora Roberta no turno 21, pois ela resgata o discurso da possibilidade como o caminho a seguir para criar novas formas de participação, nas quais o professor de Ciências posiciona-se diante de seu papel como ator ativo dos processos educacionais da escola:

> Lucas: Eu vejo um problema. Cada pessoa considera de acordo com seu ponto de vista, cada pessoa tem uma visão totalmente diferente do que se deseja formar como cidadão, então é algo bastante complicado, também depende do lugar em que trabalhamos, porque não é igual trabalhar em ensino fundamental e trabalhar na universidade, pois deveríamos levar em consideração as diretrizes que nos regem, os espaços que nos dão para trabalhar com eles [os estudantes]. É muito complicado construir espaços; em meu caso, ministro a disciplina de Físico-Química aos estudantes de primeiros semestres de Engenharia Industrial, é muito complicado porque o tema é bastante extenso para estudá-lo em seis meses e é bastante específico. Para trabalhar temas de tecnologia e sociedade, o complicado é o espaço, o horário está muito reduzido e não posso dizer: "Encontramo-nos em tal hora para trabalhar estes temas", então é bastante complicado, pois todos os espaços são diferentes.
>
> Roberta: Eu considero, de acordo com meu ponto de vista, que todos os espaços são possíveis, se a abordagem da questão que desejo trabalhar se faz com certo nível de participação, então a participação aqui é fundamental. Quando sou capaz de perguntar para

> meus estudantes, isto é, em geral o que poderíamos estudar e o que a universidade pensa que deveríamos estudar. Assim, eu consigo que os estudantes façam parte de um trabalho e que a participação em um contexto se desenvolva. [...] O trabalho do currículo a partir do planejamento do currículo é a concretização do planejamento com os estudantes gerando espaços de cidadania participativa e isto tem relação com a forma como me posiciono diante da versão de ciência que desejo ensinar e diante da posição de cidadania que tenho [...].

As falas de Roberta nos mostram a importância de instigar os professores a pensar a questão da cidadania como um processo que é conquistado na medida em que professores e estudantes vivenciam a participação nos processos de ensino e aprendizagem, de tal modo que as aulas de Ciências são democratizadas.

As tensões enfrentadas pelos professores em seus contextos escolares começam a ser desveladas à medida que são discutidos os aspectos teóricos da abordagem CTSA no Ensino de Ciências. Neste sentido, outra tensão que foi identificada estava relacionada com a profissão, as políticas sociais e a participação:

> 63. Ernesto: [...] O tema das relações entre CTSA me leva a pensar sobre a política multilateral, vocês lembram que há um documento da Unesco [United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization], no qual se propõe uma orientação para melhorar a didática das ciências da natureza, Química, Biologia, etc. Fala-se sobre interdisciplinaridade, o pensamento complexo, os paradigmas. Sabemos que o conceito de Educação Ambiental é um conceito de política de Estado, falar de Educação Ambiental implica limitar-nos a isso. Preocupa-me isso, entendendo que há políticas internacionais sobre o tema, entendendo que no âmbito nacional, do Ministério do Meio Ambiente e do Ministério de Educação, há escritórios responsáveis pela Educação Ambiental. [...] Mas quero indicar que neste momento entendo a estratégia básica de orientar a ação participativa, a liderança, os direitos, etc. [...] somos uns desses atores, dentro da vida educativa e formativa, mas não somos

> os únicos e me preocupa a falta de participação ativa e organizada de todos os educadores para trabalhar tais temas mundiais. Mas em que medida os funcionários do Estado, as instituições que nós representamos no âmbito educativo quebram a estrutura de um currículo rígido? [...] Desde que não exista vontade política dos diferentes atores deste processo vai ser mínimo o desenvolvimento social e educativo deste país.

Na fala do professor Ernesto, observamos a tensão entre participação dos professores e a falta de vontade política dos diferentes atores sociais do processo educativo, de modo que vários fatores sociais influem sobre o ensino e transtornam a abordagem de um enfoque CTSA. Percebemos também na fala de Ernesto a linguagem de denúncia conforme aos problemas educativos, o que é importante na formação permanente de professores, mas não suficiente, pois é necessário desenvolver a linguagem da possibilidade a partir das experiências concretas de ensino vivenciadas com os estudantes na sala de aula.

O discurso de denúncia é importante, mas precisa ser enriquecido e superado com o discurso da possibilidade, que também é desenvolvido na discussão dos professores. Esse discurso constitui um elemento estrutural da formação de professores como intelectuais transformadores (Giroux, 1997), na medida em que se busca uma articulação do ensino da sala de aula com os processos de democratização e de conquista da cidadania em uma sociedade que, cada vez mais, privilegia as esferas econômicas de poder e de controle dos cidadãos.

Dessa forma, na prática docente é possível construir novas perspectivas sociais, nas quais a formação permanente de professores apropria uma dimensão política relevante que, ao mesmo tempo, reivindica a abordagem CTSA voltada à ação crítica, tal como é salientado pelos professores no seguinte trecho:

> 70. Camila: O artigo nos faz um convite para revisar nosso currículo a partir da forma tradicional para pensar em um currículo a partir de um ponto de vista CTSA e mirar como, a partir de nosso contexto, nós, de alguma forma, vamos contribuindo nesta mu-

dança. É complicado quando consideramos a mudança como algo muito global, quando podemos começar desde o particular, considerando alternativas como docente que orienta uma sala ou cinco salas, levando em consideração todo o trabalho que temos na escola e que não é fácil. Como posso fazer isto é colocado em um artigo e que depois eu possa colocar isto como uma política do governo é outra coisa. É considerar desde meu contexto o que estou fazendo ou como poderia fazer para que essas políticas, esses currículos comecem a mudar de acordo com a abordagem CTSA.

Fernanda: Penso que esse convite que você fala (está se referindo a Camila) precisamente é o microcurrículo, ou seja, é o convite para elaborar esse currículo a partir da realidade dos estudantes, este é o convite do enfoque CTSA, mas também devemos considerar desde qual perspectiva podemos avançar, dependendo das condições dos estudantes...

Fátima: [...] O professor não deve assumir uma posição neutra, mas deve participar politicamente, deve ser gerador de organizações dinâmicas.

Roberta: Lembremos também que a política não se refere somente a um conjunto de normas, pois a política também se refere ao conceito no qual os seres humanos, em sua organização social, têm a possibilidade de se conhecer e se reconhecer. Então, nestes termos, lembremos que a política também é formação participativa e também é ação solidária. E a política, nestes termos, dentro do currículo CTSA é possível no trabalho em equipe, no reconhecimento do outro, na formação da liderança, nos processos de gestão. Então a política tem muitas dimensões e atores [...].

78. Ricardo: [...] Não podemos ficar nas palavras, é importante propor o que vamos fazer. Eu tenho uma ideia que tenho trabalhado com uma colega articulando a prefeitura. A ideia é construir uma rede dos professores de Ciências [de uma cidade de Cundinamarca-Colômbia]. O objetivo é o seguinte: começar a ideia de que os próprios professores sejam os autores dos temas que vamos trabalhar, começando com trabalhos da parte disciplinar e da parte pedagógica em Ciências como tal, tenho certeza que podemos consolidar diferentes espaços da educação rural na região que trabalho [...].

Na maior parte das falas apresentadas anteriormente observamos que os professores reivindicam a dimensão política do ensino, e ressaltam a liderança docente na dinâmica social e em seus próprios contextos educativos; sobre essa dimensão, o professor Ricardo salienta a necessidade de transcender o discurso político para passar à ação comprometida.

Destacamos, assim, o significado sociopolítico outorgado ao Ensino de Ciências, na medida em que podemos analisá-lo como uma ação social que encoraja os estudantes para se tornarem atores sociais comprometidos. Desta forma, a abordagem CTSA apoia o desenvolvimento de aprendizagens dos estudantes para que fortaleçam seus compromissos sociais e possam contribuir em suas comunidades.

No trecho seguinte, observamos que outro elemento importante sobre o qual os professores se posicionaram correspondeu a questões éticas e morais atreladas à abordagem CTSA.

> Fernanda: Da mesma forma que conversávamos ontem, diante da pergunta de cidadania, pensamos sobre o que significa a cidadania, então diante da pergunta que você [professora Isabel] faz, gostaria que discutíssemos a diferença entre o ético e o moral, para considerar se existe ou não alguma diferença.
>
> Isabel: É uma questão bastante polêmica, a partir disso [o exposto por Fernanda], quem nos poderia dizer algo sobre que conceito formular [sobre o ético e o moral]?
>
> Ricardo: Não tenho certeza, mas a ética é uma construção social e a moral é uma construção individual, no entanto, isto gera muitas dualidades [...] Alguém quer complementar?
>
> Natalia: Uma se refere [a moral] a valores e a outra [a ética] se refere a como a pessoa utiliza esses valores.
>
> Juliana: Eu pensaria, não sei se estou equivocada que as duas [a ética e a moral] têm a ver com valores, mas a moralidade tem a ver mais com a parte espiritual, com a parte religiosa, mas o ético é mais voltado ao social; no entanto, as duas coisas convergem nos valores, mas a moralidade está ligada a cada uma das culturas, enquanto a ética poderia ser mais universal.

> 107. Ernesto: [...] Eu quero indicar que a ética no campo profissional tem a ver com normas e formas de regulação, uma visão determinada que o coletivo deve seguir, de tal modo que o ético está unido à educação, à normatividade e leva a que se estabeleçam acordos que permitam regular a sociedade [...] O moral, pelo contrário, tem relação com os fundamentos da construção ética, tem uma diversidade, também tem um espectro mais amplo, por isso, acolheu o que Fernanda dizia do espiritual, sim! Por exemplo, a moral espiritual, o religioso, as formas de ver a vida. Então o moral é diverso, é minha perspectiva diante do mundo real [...]

Vários professores (Ricardo, Natalia e Juliana) relacionam a moral com a preocupação individual das pessoas de acordo com determinados valores, enquanto a ética é relacionada com aspectos gerais e com a aplicação de determinados valores orientados pelo julgamento moral. Por sua vez, o professor Ernesto tenta construir o significado sobre a ética e a moral em determinados contextos sociais e pessoais.

Nas falas dos professores identificamos algumas dificuldades para estabelecer relações entre a ética e a moral, pois existe uma tentativa de diferenciar cada tema em vez de estabelecer maiores relações, o que é importante para a abordagem CTSA, na medida em que a ética constitui um discurso amplo para analisar a vida moral.

Embora os professores evidenciem uma instrumentalização da ética relacionada com a aplicação de julgamentos morais, podemos repensar essa visão da ética a partir de um ponto de vista prático, o que significa, conforme Beauchamp & Childress (2002), o uso da ética para o exame de problemas morais, práticas e políticas em diferentes situações da vida pessoal e social, de modo que esse exame leva em consideração princípios universais que auxiliam na escolha de diretrizes para a ação de acordo com as evidências existentes. Também identificamos nas falas dos professores uma visão normativa da ética que implica a avaliação da conduta de acordo com normas que devem ser moralmente aceitas.

Na maior parte das falas identificamos uma visão da ética que parte da moral, o que pode ser limitado, no sentido de que a ética oferece um quadro teórico mais amplo para analisar os dilemas morais associados a normas de conduta socialmente aprovadas, bem como a princípios universais que protejam a integralidade humana, o que transcende o sistema moral adotado por uma determinada sociedade.

Considerações finais

A partir das análises realizadas podemos dizer que a abordagem CTSA no ensino do professor de Ciências envolve várias tensões de sua própria natureza e seu desenvolvimento no currículo escolar. Identificamos a tensão entre os ideais que orientam a formação cidadã e as exigências do currículo tecnicista que limita tempos e espaços para privilegiar o ensino dos conteúdos tradicionais das disciplinas.

Problematizar a visão tecnicista presente na realidade escolar nos leva a resgatar dos discursos dos professores a linguagem da possibilidade que considera a formação cidadã como um processo de luta e conquista à medida que se democratiza o Ensino de Ciências.

A falta de vontade política de alguns atores da escola obstaculiza processos participativos e transformadores de professores e estudantes, mas a linguagem da possibilidade constitui uma grande oportunidade para orientar a formação permanente de professores de Ciências no contexto da abordagem CTSA.

As questões éticas e morais na abordagem CTSA é outro tema complexo que transcende a ideia de ética aplicada e visa a uma abordagem ampla no Ensino de Ciências que implica a articulação de princípios e normas próprios da teoria ética e da teoria social, bem como as contribuições que a ciência oferece para o julgamento de determinadas situações.

A linguagem da possibilidade como um elemento fundamental da formação de professores como intelectuais transformadores (Giroux, 1997) entrelaça-se com a pretensão da abordagem CTSA de formar para a ação sociopolítica responsável de tal forma que o Ensino de Ciências transcende o discurso da retórica e propende para o discurso da ação refletida que oferece grandes oportunidades para que os estudantes tenham condições acadêmicas e pessoais de enfrentar questões polêmicas sobre ciência e tecnologia na sociedade contemporânea.

Referências bibliográficas

ACEVEDO, J., VÁZQUEZ, A., MANNASERO, M., ACEVEDO, P. Persistencia de las actitudes y creencias CTS en la profesión docente. *Revista Electrónica de Ensenanza de las Ciências*, v.1, n.1, 2002a. Disponível em <http://www.saum.uvigo.es/reec/volumenes/volumen1/Numero1/Art1.pdf>. Acesso em 25/6/2008.

AIKENHEAD G. Educación Ciencia-Tecnología-Sociedad (CTS): una buena idea como quiera que se le llame. *Educación Química*, v.16, n.2, p.114-24, 2005.

BARRETT S. E., PEDRETTI, E. Constrasting orientations: STSE for social reconstruction or social reproduction? *School Science and Mathematic* , v.106, p.237-47, 2005.

BEAUCHAMP, T., CHILDRESS, J. *Princípios de ética biomédica*. Trad. Luciana Pudenzi. São Paulo: Loyola, 2002.

CACHAPUZ, A., PAIXÃO, F., LOPES, B., GUERRA, C. Estado da arte da pesquisa em Educação em Ciências: linhas de pesquisa e o caso "Ciência-Tecnologia-Sociedade". *Alexandria, Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v.1, n.1, p.27-49, 2008.

DENZIN, N., LINCOLN, Y. Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. In: DENZIN, N., LINCOLN, Y. (Org.). *O planejamento da pesquisa qualitativa*: teorias e abordagens. 2.ed. Trad. Sandra Regina Netz. Porto Alegre: Artes Médicas, 2006.

GIROUX, H. *Os professores como intelectuais*: rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem. Trad. Daniel Bueno. Porto Alegre: Artmed, 1997.

HODSON, D. Seeking directions for change: the personalisation and politicisation of science education. *Curriculum Studies*, n.2, p.71-98, 1994.

HODSON, D. Time for action: science education for an alternative future. *International Journal of Science Education*, v.25, n.6, p.645-70, 2003.

HURD, P. Science, technology and society: new goals for interdisciplinary science teaching. *The Science Teacher*, v.42, n.2, p.27-30, 1975.

LÓPEZ, J. Los estúdios Ciencia, Tecnologia y Sociedad. *Innovación y Ciencia*, v.9, n.2, p.59-65, 2000.

MANASSERO, M. A., VÁZQUEZ, A. Creencias del profesorado sobre la naturaleza de la ciencia. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado*, n.37, p.187-208, 2000.

MARTÍNEZ, L., ROJAS, A. Estrategia didáctica con enfoque Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente, para la ensenanza de tópicos de Bioquímica. *Tecné, Episteme y Didaxis*, n.19, p.44-62, 2006.

MARTÍNEZ, L., PENA, D., VILLAMIL, Y. Relaciones Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente, a partir de casos simulados: una experiencia en la enseñanza de la Química. *Ciência & Ensino*, v.1, n.especial, 2007. Disponível em <http://www.ige.unicamp.br/ojs/index.php/cienciaeensino/index>. Acesso 15/1/2008.

MARTÍNEZ, L., CATTUZZO, F., CARVALHO, W. Ensino de Ciências para cidadania a partir do desenvolvimento de habilidades de negociação em estudantes de ensino médio. In: CALDEIRA, A. (Org.). *Ensino de Ciências e Matemática, II*: temas sobre a formação de conceitos. São Paulo: Cultura Acadêmica, p.269-87, 2009. Disponível em <http://www.culturaacademica.com.br/titulo_view.asp?ID=29>. Acesso em 5/3/2010.

MION, R., ALVES, J., CARVALHO, W. Implicações da relação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente: subsídios para a formação de professores de Física. *Experiências em Ensino de Ciências*, v.4, n.2, p.47-59, 2009.

PEDRETTI, E. Teaching Science, Technology, Society and Environment (STSE) Education: preservice teachers' philosophical and pedagogical landscapes. In: ZEIDLER, D. (Org.). *The role of moral reasoning on socioscientific issues and discourse in science education*. The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 2003. p.219-39.

_____, BENCZE, L., HEWITT, J., ROMKEY, L., JIVRAJ, A. Promoting issues-based STSE: perspectives in Science Teacher Education: problems of identity and ideology. *Science & Education*, v.17, n.8-9, p.941-60, 2008.

PRAIA, J., GIL-PÉREZ, D., VILCHES, A. O papel da natureza da ciência na educação para a cidadania. *Ciência & Educação*, v.13, n.2, p.141-56, 2007.

SANTOS, W., MORTIMER, E. F., SCOTT, P. A argumentação em discussões sócio-científicas: reflexões a partir de um estudo de caso. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (Porto Alegre)*, v.1, n.1, p.140-52, 2001.

SANTOS, W. Educação científica humanística em uma perspectiva freireana: resgatando a função do ensino de CTS. *Alexandria – Revista de Educação em Ciência e Tecnologia*, v.1, n.1, p.109-31, 2008.

SOLBES, J., VILCHES, A. Papel de las relaciones entre Ciencia, Tecnología, Sociedad y Ambiente en la formación ciudadana. *Ensenanza de las Ciencias*, v.22, n.3, p.337-48, 2004.

SUTZ, J. Ciencia, Tecnologia y Sociedad: argumentos y elementos para una innovación curricular. *Revista Iberoamericana de Educación*, n.18, p.145-69, 1998.

TOLLER, U. Teaching/learning styles, performance, and students' teaching evaluation in S/T/E/S-focused Science Teacher Education: a quasiquantitative probe of a case study. *Journal of Research in Science Teaching*, v.28, n.7, p.593-607, 1991.

VACCAREZZA, L. Ciência, Tecnologia y Sociedad: el estado de la cuestión en América Latina. *Revista Iberoamericana en Educación*, n.18, p.13-40, 1998.

7

Concepções de professores de Biologia a respeito da diversidade dos seres vivos: uma análise, considerando o desenvolvimento histórico das ideias evolucionistas

Paloma Rodrigues da Silva[1]
Mariana A. Bologna Soares de Andrade[2]
Ana Maria de Andrade Caldeira[3]

Introdução

A Biologia caracteriza-se como uma ciência que tem como componente fundamental o estudo da diversidade dos organismos vivos. Essa diversidade, segundo Goedert (2004), sempre gerou questionamentos entre as culturas humanas, que buscavam expli-

1. Mestranda no Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência – UNESP/Campus de Bauru. Bolsista Capes. *e-mail:* paloma.bio@hotmail.com.
2. Docente do Departamento de Biologia Geral – UEL. *e-mail:* marianabologna@yahoo.com.br.
3. Docente do Departamento de Educação – UNESP/Campus de Bauru. *e-mail:* anacaldeira@fc.unesp.br.

cações plausíveis sobre os processos responsáveis pelas semelhanças e diferenças entre os grupos de organismos. Alguns desses questionamentos são presentes no Ensino de Biologia, e acredita-se que essas perguntas são impossíveis de ser respondidas sem que haja um enfoque evolutivo (Goedert, 2004). A evolução biológica, por abranger todas as áreas da Biologia, é considerada o conceito central e unificador, capaz de explicar tanto a diversidade quanto a semelhança presente entre os seres vivos.

Gould (1997) considera que, de todos os conceitos existentes nas Ciências Biológicas, a evolução é o mais importante e o mais mal compreendido. Dessa forma, surgem questionamentos sobre a abordagem desse tema em sala de aula, pois é importante que o papel do professor seja o de possibilitar a aprendizagem de conceitos científicos, não obstante a existência de conhecimentos não aceitos pela ciência atual.

De acordo com análises de materiais didáticos realizadas por Pacheco & Oliveira (1997), percebe-se que na maioria dos livros há uma abordagem confusa sobre o tema evolução. Esses autores relatam que em grande parte desses materiais foi possível detectar equívocos históricos, como a apresentação de ideias do passado e do presente de forma confusa, deturpando fatos importantes. Discussões acerca do ensino de evolução também foram realizadas por Bizzo (1991). Em seu trabalho, que buscou avaliar as concepções acerca desse tema em um grupo de estudantes, o autor observou que, para os alunos, a evolução era entendida como um processo de aperfeiçoamento, melhora e aumento de tamanho, sendo que, para eles, "progresso" poderia ser considerado um sinônimo de evolução.

Constatações semelhantes também podem ser observadas no trabalho de Greene (1990), que analisou as concepções evolutivas de um grupo de estudantes de um curso de Ciências Biológicas. Em seu trabalho, o autor verificou que apenas 3% dos alunos pesquisados possuíam uma compreensão consistente com a concepção científica, e 43% entendiam parcialmente a evolução. O autor destaca, também, que é possível verificar similaridades entre as ideias

dos estudantes e concepções presentes em discursos de antigos pensadores.

De acordo com Rosa et al. (2002), dados de estudos como os mencionados anteriormente demonstram a necessidade de se trabalhar a evolução biológica de forma clara e precisa nas escolas. Além disso, os autores apontam a importância de se identificar as concepções que os professores têm a respeito desse tema, uma vez que a falta de clareza do assunto por parte dos docentes pode vir a favorecer noções equivocadas entre os estudantes.

Entendendo a importância de uma compreensão clara do conceito de evolução na formação de professores, procuramos identificar, em um grupo de docentes da escola básica, como ocorre esse entendimento. Buscamos também verificar se o pensar desses professores sobre evolução biológica é estruturado em bases científicas ou mesclado com outras concepções, quer de base religiosa quer do senso comum. Essa questão é um ponto significativo em Ensino de Ciências, pois tais discussões estão relacionadas com a Biologia, e isso pode ser um obstáculo que os professores dos mais diversos níveis de ensino têm que enfrentar.

Para melhor compreendermos esse processo, realizamos uma breve análise das concepções mais destacadas que aparecem ao longo da história, uma vez que há uma grande quantidade de teorias que discutem a diversidade dos seres vivos, desde as mais amplas, religiosas, até as científicas, que datam de séculos mais recentes. Essas discussões acerca da origem da diversidade biológica foram comparadas com as respostas do grupo de professores participantes da pesquisa.

Metodologia

Esta pesquisa apresenta um caráter qualitativo, buscando inferências específicas (Bardin, 1977) sobre a visão de professores em relação ao conceito de evolução. Participaram do presente estudo vinte professores de Biologia do ensino médio de escolas públicas

da região de Bauru (SP). Os dados foram coletados por meio de entrevistas semiestruturadas feitas com os professores, as quais permitem que o entrevistador faça as alterações e adaptações que julgue necessárias para cada momento (Lüdke & André, 1986). As entrevistas abordaram assuntos como vida artificial, surgimento da vida no planeta Terra, crenças religiosas e discussões sobre o tema em sala de aula.

Os dados coletados nas entrevistas foram analisados e organizados em categorias, as quais consistem em "classificar elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, seguidamente, por reagrupamento segundo o gênero, com critérios previamente definidos" (Bardin, 1977, p.117). Mais especificamente, as concepções dos professores foram agrupadas de acordo com as categorias encontradas na revisão histórica mencionada anteriormente.

É válido destacar que este trabalho não teve como objetivo se aprofundar na revisão histórica, mas utilizá-la como forma de verificar a dualidade e diversidade de concepções presentes nas respostas dos professores.

Apresentação dos dados

A realização da revisão histórica permitiu-nos o estabelecimento de 19 categorias de análise, as quais são apresentadas a seguir. Exemplos de falas dos professores foram colocadas em itálico, e as expressões mais significantes destacadas em negrito. Para melhor compreensão de como o diálogo foi construído entre entrevistadora e professores, designamos a primeira pela letra E, e os professores pela letra P.

Vale destacar que, ao categorizar os discursos dos professores, é necessário ir além das evidências aparentes, buscando contradições e dualidades, ou seja, características inerentes ao pensamento humano (Bardin, 1977). Sendo assim, é admissível que a fala de um professor seja classificada simultaneamente em duas ou mais categorias.

Categoria A – Fixismo

Desde a Antiguidade até o século XIX, verificamos que entre as principais concepções sobre a diversidade era constante a ideia do fixismo. De acordo com os fixistas, os seres vivos, após serem criados, não sofrem modificações. Segundo Freire-Maia (1997), até o início do século XIX o fixismo era o grande paradigma dentro das Ciências Naturais, sendo substituído apenas após o advento da teoria evolutiva. Desse modo, "a visão de mundo predominante era que vivemos em um planeta estável povoado por espécies imutáveis" (Meglhioratti, 2004, p.42).

Analisando as respostas dos professores percebemos que a concepção fixista apareceu na fala de dois docentes entrevistados.

> P3: [...] *acredito que Deus criou todas as espécies... **umas permaneceram, né, e outras desapareceram [...]***

Nesse exemplo, o professor entrevistado deixa claro que, para ele, desde o surgimento das espécies até os dias atuais os seres vivos não sofreram nenhuma modificação. É possível verificar, também, a presença de ideias criacionistas, que serão discutidas posteriormente, na categoria E.

Categoria B – Finalismo

Outra ideia presente nas concepções evolutivas desse período é o finalismo, que se baseia no pressuposto de que as mudanças que ocorrem nos seres vivos apresentam um propósito. Essa concepção pode ser observada nas ideias de Platão e na teleologia de Aristóteles, que é uma doutrina que estuda os fins últimos da sociedade, humanidade e natureza. Conforme lembra Vlastos (1987), Platão propõe a existência de um Deus que molda a matéria de acordo com um modelo ideal, criando assim o Universo. Já para Aristóteles, todos os eventos que ocorrem na natureza servem a um propósito (Ross, 1987). Mora (2001) afirma que a teleologia de

Aristóteles apoia-se na pergunta "onde para tudo isto?", ou seja, busca responder o "para quê" de todas as coisas.

A concepção finalista apareceu no discurso de dois professores.

E: Muitas pessoas acreditam que a vida foi criada ou é um dom de Deus. Qual a sua opinião sobre esse assunto?

P20: *É... o evolucionismo é incontestável. Agora, a evolução tende a matar o criacionismo. É... como as coisas ocorrem sem uma força maior? A vida na Terra precisa de um regente.* **Há um regente, alguém ditando pra onde vão as coisas** [...]

Percebe-se que, para esse professor, as mudanças que ocorrem nos seres vivos servem a um propósito divino, ou seja, os rumos da evolução possuem um objetivo final, e são guiados por um ser superior.

Categoria C – Essencialismo

O essencialismo também é uma ideia bastante presente nas concepções dos séculos passados. Os autores essencialistas defendem a existência de uma "essência" que diferencia uma espécie de outras, ou, ainda, que as espécies contêm um "molde interno" que delimita sua forma. De acordo com Meglhioratti et al. (2003, p.2), as ideias essencialistas estão presentes na teleologia cristã, segundo a qual "Deus criou os seres em uma escala percebida na gradação entre matéria inanimada, passando pelas plantas, animais inferiores, humanos, até os anjos e seres superiores". Sendo assim, as Ciências Naturais, em certo período, davam destaque à catalogação de animais e plantas, visando aproximar-se do plano de Deus (Futuyma, 1992). Essas ideias predominaram até o final do século XVIII e início do século XIX, quando novas discussões sobre a origem das espécies começaram a aparecer.

A concepção essencialista não apareceu explicitamente na resposta de nenhum professor.

Categoria D – Tipologia

A tipologia foi uma característica encontrada em algumas concepções evolutivas, e baseia-se na ideia de que existiu um número limitado de tipos básicos, que deram origem a subtipos. Essa concepção aparece na Antiguidade, com Aristóteles e Platão, e permaneceu até o século XVIII, nas ideias de Buffon e de De Maillet. Ross (1987) afirma que nas ideias aristotélicas há um tipo ideal para cada espécie de acordo com um fim específico, e as variações observadas dentro de uma mesma espécie podem ser explicadas pelas imperfeições da matéria utilizada e não pela causa final da natureza. No século XVIII, a tipologia aparece nas ideias de Buffon, ao exemplificar sua teoria propondo a existência de uma espécie de gato ancestral que, após o contato com distintos ambientes, teria originado outros felinos, como tigres, leões, leopardos, pumas e gatos domésticos (Meyer & El-Hani, 2005), e nas ideias de De Maillet, ao propor a existência de sementes que originariam os seres vivos marinhos, que formariam todas as outras espécies (Martins, 2001).

Essa concepção apareceu na fala de três professores entrevistados.

> E: Você acha que Deus criou o homem e todos os outros seres vivos?
>
> P2: *Sim, a partir de ancestrais comuns, dentro da própria espécie, por exemplo,* ***Ele pode ter criado um cão, e ter variado em cima disso. Um homem ter variado em cima daquilo, que nem o homem foi criado um único, e surgiu várias raças, assim como o cão.***

É possível verificar na fala desse e dos outros professores que compõem essa categoria a presença do criacionismo, além da tipologia. As concepções criacionistas são apresentadas na Categoria E.

Categoria E – Criacionismo

Outra concepção bastante frequente na revisão histórica foi o criacionismo, que se baseia no pressuposto de que todos os seres vivos foram criados por um ser superior. Essa ideia aparece nas concepções de Aristóteles e Platão, nas quais há um Deus comparável a um artista e que é responsável pela criação (Vlastos, 1987). Conforme lembra Meglhioratti (2004), o criacionismo foi uma concepção aceita pela comunidade científica até o início do século XIX, quando novas teorias foram propostas.

Esse conceito compõe a categoria com o maior número de representantes – seis – entre os vinte professores entrevistados.

E: Como você acha que surgiu a vida na Terra?
P2: *Apesar de ser biólogo, **por criação**.*

Como é possível perceber, na fala desse professor fica bastante evidenciada a ideia de que os seres vivos surgiram devido à intervenção de um ser superior.

Categoria F – Geração espontânea

O conceito de geração espontânea também foi encontrado na revisão histórica e baseia-se na ideia de que os seres vivos surgem da matéria inanimada. Essa concepção apareceu durante a Antiguidade e persistiu até o século XIX. Um dos defensores da geração espontânea foi Buffon, cuja teoria foi assim resumida por Meyer & El-Hani (2005, p.19): "a geração espontânea origina um conjunto de seres vivos e estes, sob a influência do ambiente, dão origem a novas formas, aumentando a diversidade de formas vivas".

Analisando as falas dos professores percebemos que nenhuma das respostas obtidas pôde ser classificada nesta categoria.

Categoria G – Adaptação ao meio

A adaptação ao meio também é uma ideia encontrada na revisão histórica. A influência do meio na modificação dos órgãos dos animais é uma das quatro leis que embasam a teoria de Lamarck, constituindo, portanto, um dos pressupostos fundamentais de sua teoria. Segundo Gould (1989, p.67-9), a adaptação ao meio consiste na ideia "de que os organismos respondem às mudanças ambientais, desenvolvendo uma forma, função, ou comportamento mais adequado às novas circunstâncias", ou seja, "um organismo dá-se conta da mudança ambiental, responde a ela da maneira correta".

Analisando-se as respostas dos professores, pudemos perceber que dois dos vinte entrevistados emitiram respostas que puderam ser classificadas nesta categoria.

> E: [...] pra você o que difere um ser vivo de um não vivo?
>
> P16: *O que eu acho?* ***Eu acho que a capacidade deles de se modificar e evoluir, se adaptando ao ambiente.***

Nota-se na fala desse professor a ideia de que os seres vivos sofrem modificações para se adaptar ao ambiente em que vivem.

Categoria H – Verticalidade

A verticalidade também foi uma concepção presente no século XIX, na teoria de Lamarck. Para ele, as modificações dos seres vivos levam a um aumento da complexidade orgânica, ou seja, os organismos se tornavam mais perfeitos à medida que evoluíam. Segundo Martins (1993, p.167), "Lamarck acredita ser inerente à vida um poder que tende para o aumento de complexidade, sendo tanto o crescimento como o desenvolvimento de um corpo o resultado desse poder".

Essa concepção pode ser encontrada nas respostas de dois professores entrevistados.

E: Como você acha que surgiu a vida na Terra?

P7: [...] *Ela* (a Terra) *vem de longe... **primeiro dos seus micro--organismos que foram se desenvolvendo em outros seres até ir formando os seres maiores e chegar naquilo que nós somos hoje**, por evolução ao longo de todos esses anos.*

É possível perceber no final da fala desse professor que, para ele, a evolução leva a um aumento de tamanho, ou seja, um aumento da complexidade.

Categoria I – Uso e desuso

O uso e desuso também estão entre os pressupostos fundamentais da teoria de Lamarck, no século XIX. Para Lamarck, o uso ou desuso de um órgão acarretaria o desenvolvimento ou não dessa estrutura. Conforme lembra Meglhioratti (2004), para Lamarck, uma modificação ambiental acarretaria mudanças nas necessidades dos organismos e em seus comportamentos, conduzindo a um maior uso ou desuso de certos órgãos. Sendo assim, "os organismos não são alterados de forma passiva" (Meglhioratti, 2004, p.47).

Analisando as respostas dos professores, percebemos que nenhuma pode ser classificada nesta categoria.

Categoria J – Herança dos caracteres adquiridos

A herança dos caracteres adquiridos também foi uma concepção encontrada na revisão histórica, constituindo outro pressuposto da teoria de Lamarck. Martins (1993, p.173) afirma que, de acordo com essa concepção, "cada mudança adquirida em um órgão por um hábito suficiente para tê-la operado, conserva-se pela geração, se é comum aos indivíduos que na fecundação concorrem juntos para a reprodução de sua espécie". Essa ideia também está presente nas explicações de Darwin (2004, p.27), como pode ser verificado no trecho de sua obra *A origem das espécies*:

> A mudança dos hábitos produz efeitos hereditários; poderíamos citar, por exemplo, a época da floração das plantas transportadas de um clima para outro. Nos animais, o uso ou desuso das partes tem uma influência mais considerável ainda.

Assim como ocorreu anteriormente, nenhuma resposta apresentada pelos professores foi classificada nesta categoria.

Categoria K – Transformismo

Após o século XIX surgiram algumas concepções que são aceitas atualmente pela comunidade científica, como o transformismo. De acordo com Chaves (1993), durante o século XIX ainda perduravam as polêmicas entre fixismo e transformismo. O transformismo é uma corrente evolucionária que propõe que as espécies se transformam com o passar do tempo, e se opõe ao fixismo vigente durante a Antiguidade e o século XVIII.

Três professores emitiram respostas que foram classificadas nesta categoria.

> P15: [...] ***as linhas de evolução não são únicas, elas apontam para todas as direções, a situação que dá mais certo no momento... ela é contextual.***

Na fala desse professor e dos outros que compõem esta categoria, percebe-se a ideia de que o ambiente sofre modificações e, consequentemente, há uma seleção dos indivíduos, modificando, assim, as espécies existentes. Dois professores que compõem essa categoria também fazem parte da categoria L, seleção natural, que será apresentada a seguir.

Categoria L – Seleção natural

Influenciado por ideias transformistas, Charles Darwin publicou, em 1859, *A origem das espécies*, propondo a ideia de seleção

natural. O que caracteriza a concepção de Darwin sobre as modificações dos seres vivos é que as espécies evoluiriam por um processo de seleção efetuado sobre uma variação biológica abundante.

Na seção intitulada "Circunstâncias favoráveis à seleção natural", Darwin (2002, p.109) afirma:

> Um alto grau de variabilidade hereditária e diversificada é favorável a atuação da seleção natural [...]. Um grande número de indivíduos, propiciando maior probabilidade para o surgimento de variações proveitosas num determinado espaço de tempo, compensará um menor grau de variabilidade individual, construindo, segundo meu modo de pensar, um fator extremamente importante para o sucesso dessa atuação. [...] se alguma espécie não se tornar modificada e não alcançar um grau de aperfeiçoamento correspondente ao dos seus competidores, ela logo será exterminada.

Conforme lembram Meglhioratti et al. (2003), a publicação de *A origem das espécies* gerou numerosas discussões, sendo grande parte delas motivadas pelo fato de a seleção natural ser vista como a causa das extinções, mas não capaz de promover o surgimento de novas espécies. Além disso, a teoria não explicava o mecanismo genético das modificações (Meglhioratti et al., 2003). Essa explicação somente foi elaborada posteriormente, com a teoria sintética da evolução.

Entre as respostas apresentadas pelos professores entrevistados, duas puderam ser classificadas nesta categoria.

> P10: [...] *apesar de existirem os organismos eucarióticos e procarióticos não dá pra não achar que houve uma... uma... como é que fala? Uma evolução da complexidade da célula eucariótica, mas tanto a célula eucariótica quanto a procariótica são tão evoluídas quanto, pois todas existem hoje no planeta Terra, então procarionte e eucarionte são produtos da evolução, no entanto sobreviveram os procarióticos também porque estão bem adaptados até hoje* [...].

O discurso desse professor deixa clara a ideia de seleção natural. Apesar de a sua fala não estar completamente organizada, uma vez que a espontaneidade é algo presente nas entrevistas, percebe-se um conhecimento claro e preciso das bases da teoria da evolução aceita atualmente. Esse é um dado significativo, uma vez que essa teoria constitui um dos paradigmas da Biologia Moderna.

Categoria M – Gradualismo

O gradualismo, que aparece nas teorias propostas no final do século XIX, é bastante aceito atualmente, e propõe que as modificações evolutivas são progressivas. Conforme lembra Mayr (1991), é possível verificar na obra de Charles Darwin concepções gradualistas, ou seja, a ideia de que as modificações dos seres vivos não ocorrem de maneira repentina.

Respostas gradualistas puderam ser verificadas nas falas de cinco professores.

> E: Como você acha que surgiu a vida na Terra?
>
> P15: [...] ***eu acredito que a vida veio de uma organização única, primordial, uma organização química que foi se unindo aos poucos e formou as primeiras células, aí vieram os núcleos celulares, aí vieram as células procariontes e eucariontes,*** *então essa questão que é colocada na Biologia.*

Neste exemplo percebe-se que o surgimento das novas espécies não ocorre de maneira súbita, abrupta, e sim gradualmente.

Categoria N – Ancestralidade comum

No final do século XIX verificamos ser crescente o número de adeptos da teoria da ancestralidade comum, cuja proposta é a de que todos os seres vivos possuem um mesmo ancestral. Conforme lembra Mayr (1991), essa teoria também está presente na obra de Charles Darwin.

Essa concepção pode ser encontrada nas respostas de quatro professores entrevistados.

> E: E como você acha que surgiu a vida na Terra?
>
> P16: *Eu acredito na hipótese desde a história do Big Bang, depois dos coacervados,* ***que uma forma de vida primitiva tenha conseguido evoluir e ter se transformado em vários tipos de seres vivos,*** *é isso que eu acredito, até que provem o contrário.*

Nas falas dos quatro professores que compõem essa categoria fica evidenciada a ideia de ancestralidade comum, concepção bastante aceita nas teorias atuais.

Categoria O – Variações gênicas

Com o desenvolvimento da Genética no início do século XX, as teorias evolucionistas começaram a ser diretamente relacionadas ao conhecimento genético. A síntese evolutiva, ou a chamada teoria sintética da evolução, foi formulada entre 1936 e 1950 (Mayr, 1988).

Segundo Futuyma (2002), a síntese evolucionista apoia-se em quatro princípios fundamentais, sendo eles: 1) existem variações gênicas nas populações, surgidas por meio de mutações ao acaso e recombinações; 2) a evolução ocorre nas populações devido a modificações nas frequências gênicas decorrentes da deriva genética aleatória, do fluxo gênico e da seleção natural; 3) a maioria das variantes genéticas adaptativas apresenta pequenos efeitos fenotípicos individuais; e 4) a diversificação ocorre por meio da especiação.

Assim, a Biologia Evolutiva neodarwinista baseia-se na capacidade dos seres vivos de produzirem cópias de si mesmos, mantendo suas características genéticas básicas através das gerações e, concomitantemente, sofrerem mudanças em seu material genético devido a processos de mutações e recombinações, possibilitando a evolução dos indivíduos com o passar do tempo (Tavares, 2000).

Analisando as respostas dos professores, verificamos que nenhuma pode ser classificada nesta categoria.

Categoria P – Pontualismo

A teoria do equilíbrio pontuado, também chamada de pontualismo, saltacionismo, ou teoria dos equilíbrios intermitentes, foi formulada originalmente em 1972 por Stephen Jay Gould e Niles Eldredge, devido à observação de registros fósseis (Meglhioratti, 2004). Essa teoria sugere que as espécies evoluem seguindo um padrão de grandes períodos de equilíbrio estático, sem grandes variações, e períodos em que há altas taxas de modificações, quando ocorreria um acúmulo de mutações genéticas (Gould, 2001). Essa teoria, assim como a do gene egoísta e do neutralismo, não divergem da teoria sintética da evolução, apenas propõem novos argumentos que explicam seus mecanismos causais.

Assim como ocorreu no caso anterior, nenhuma resposta emitida pelos professores foi classificada nesta categoria.

Categoria Q –Gene egoísta

Segundo a teoria do gene egoísta, o gene é que seria a unidade fundamental da evolução, enquanto os indivíduos seriam apenas "máquinas de guerra", máquinas de sobrevivência dos genes (Dawkins, 2001). Dessa forma, como afirma Meglhioratti (2004, p.73), "a seleção natural atuaria ao longo de milhões de anos selecionando os genes com maior capacidade de replicação".

Analisando as respostas, percebemos que um professor pode ser enquadrado nesta categoria.

> P14: [...] *hoje existem pesquisadores que chamam os seres vivos como máquinas de guerra, máquinas de guerras comandadas por genes, tem aí o gene egoísta que nós seríamos então meros instrumentos da "vontade" dos genes, dessas moléculas que têm esse desejo de se replicar* [...]

Nota-se na fala de P14 um conhecimento explícito da ideia de gene egoísta. Esse é um dado significativo, uma vez que a ideia é bastante recente e atualmente muito discutida no meio acadêmico.

Categoria R – Neutralismo

O neutralismo é uma teoria científica evolutiva proposta pelo geneticista japonês Motoo Kimura, em 1968. De acordo com Futuyma (2002), para os defensores do neutralismo, as variações que ocorrem ao longo das gerações são muito rápidas e, portanto, não podem ser explicadas pela seleção natural. Assim, a maioria das modificações observadas são seletivamente neutras, uma vez que, para Kimura, a maioria das substituições e polimorfismos advém da fixação de variantes seletivamente neutras por meio de deriva genética (Futuyma, 2002).

De acordo com Futuyma (2002), atualmente a maioria dos cientistas aceita a existência tanto de variantes neutras quanto de valor adaptativo, ou seja, diferentemente do que ocorria entre as décadas de 1970 e 1990, em que se observavam grandes discussões entre os selecionistas e os neutralistas, hoje essas discussões não persistem, e os cientistas não apresentam pontos de vista tão extremados.

Analisando as respostas obtidas, verificamos que nenhum professor pode ser enquadrado nesta categoria.

Categoria S – Não respondeu à pergunta

Dentre os vinte professores entrevistados, um, ao ser questionado sobre a origem dos seres vivos, alegou não saber como responder.

Discussão e conclusões

Da análise das entrevistas realizadas podemos destacar algumas conclusões a respeito de como os professores de Biologia entrevistados compreendem e explicam a evolução biológica.

Ao avaliarmos as concepções evolutivas desses professores, percebemos que uma quantidade significativa de respostas analisadas (15) mostrou concepções aceitas atualmente pela ciência, como o transformismo (K), a seleção natural (L), o gradualismo (M), a ancestralidade comum (N) e o gene egoísta (Q). No entanto, dentre esses professores, alguns demonstraram dualidades em suas falas, ou seja, exprimiram respostas que mesclam ideias científicas e não científicas, como concepções fixistas (A), finalistas (B) e verticalidade (H).

Por outro lado, a maioria das respostas analisadas (18) demonstrou concepções que não são aceitas atualmente no campo científico. Entre elas, destaca-se o criacionismo (E), que apresentou o maior número de respostas (6). Nesse ponto, ressalta-se que este trabalho não está analisando as crenças pessoais dos professores – que devem ser respeitadas, inclusive em função dos direitos legais de escolha religiosa. Ao contrário, o que se busca aqui é refletir sobre o conhecimento do professor devido às necessidades do ensino escolar de evolução.

Pudemos perceber que algumas categorias, como variações gênicas (O), pontualismo (P) e neutralismo (R) não aparecem em nenhuma das respostas. Esse fato pode ser explicado por dois motivos – primeiro, porque inicialmente a entrevista buscou trabalhar questões referentes ao conceito de "vida" desses professores, ou seja, as perguntas realizadas não permitiram que os entrevistados se aprofundassem nesse tema. Além disso, o pontualismo e o neutralismo são duas teorias bastante recentes e é possível que os professores entrevistados não as conheçam. Entretanto, é válido destacar que um professor emitiu uma resposta que pode ser classificada na categoria gene egoísta (Q), que é uma ideia bastante recente e atualmente muito discutida no meio acadêmico.

O fato de aparecer uma parcela significativa (15) de respostas que demonstram concepções evolutivas baseadas em conceitos científicos atuais é bastante positivo, pois demonstra que discussões atuais sobre evolução fazem parte dos conhecimentos desses professores. No entanto, percebemos que muitas dessas concepções aparecem mescladas com ideias presentes durante a Antiguidade e em séculos passados, as quais não são aceitas atualmente no campo científico. Pode-se perguntar, assim, se a dualidade constatada tende a se refletir em aula e gerar confusões ou problemas de aprendizagem entre os alunos.

Considera-se importante que os docentes compreendam os mecanismos da evolução biológica. Se essa compreensão estiver afetada por dificuldades epistemológicas ou conceituais poderá refletir-se em problemas no ensino desse tema.

Cabe lembrar que a evolução biológica, por abranger todas as áreas da Biologia, é considerada o conceito central e unificador, e o trabalho desse tema de forma adequada pode servir para tornar essa ciência menos fragmentada. Em outras palavras, a evolução biológica constitui um paradigma da Biologia contemporânea, e pensa-se que pode contribuir para uma aprendizagem condizente com o caráter complexo dos sistemas naturais.

Faz-se necessário, portanto, um estudo aprofundado por parte dos professores de Biologia de questões que envolvam esse tema. Trabalhar uma concepção evolutiva em sala de aula ancorando-se em noções contrárias ao conhecimento científico, de forma intencional ou não, não é desejável, uma vez que os professores de Biologia são os intermediários entre o conhecimento biológico produzido e os alunos, e é no interior do processo de argumentação e construção do pensamento biológico que essas compreensões inconsistentes se revelam e contribuem para distorções conceituais nos alunos.

Referências bibliográficas

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Trad. L. A. Reto e A. Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 1977.

BIZZO, N. M. V. *Ensino de evolução e história do darwinismo*. São Paulo, 1991. 312f. Tese (doutorado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo.

CHAVES, S. N. *Evolução de ideias e ideias de evolução:* a evolução dos seres vivos na ótica de aluno e professor de Biologia do ensino secundário. Campinas, 1993. 117f. Dissertação (mestrado em Educação) – Faculdade de Educação da Universidade Estadual de Campinas.

DARWIN, C. *A origem das espécies*. Trad. Eugênio Amado. Belo Horizonte: Itatiaia, 2002.

______. *A origem das espécies.* Trad. Eduardo Nunes Fonseca. Rio de Janeiro: Editora Ediouro, 2004.

DAWKINS, R. *O gene egoísta*. Trad. Geraldo H. M. Florsheim. Belo Horizonte: Itatiaia, 2001. (O Homem e a Ciência, v.7).

FREIRE-MAIA, N. *A ciência por dentro*. Petrópolis: Vozes, 1997.

FUTUYMA, D. *Biologia evolutiva*. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992.

______. *Biologia evolutiva*. 2.ed. Coord. trad. Mário de Vivo; coord. de rev. téc. Fábio de Melo. Ribeirão Preto: Funpec-RP, 2002.

GREENE, E. D. The logic of university students' misunderstanding of natural selection. *Journal of Research in Science Teaching,* 27(9), p.875-85, 1990.

GOEDERT, L. *A formação do professor de Biologia na UFSC e o ensino da evolução biológica.* Florianópolis, 2004. 122 f. Dissertação (mestrado – Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica) – Universidade Federal de Santa Catarina.

GOULD, S. J. *O polegar do panda*. São Paulo: Martins Fontes, 1989.

______. Três aspectos da evolução. In: BROCKMAN, J., MATSON, K. *As coisas são assim*: pequeno repertório científico do mundo que nos cerca. São Paulo: Companhia das Letras, p.95-100, 1997.

______. *Lance de dados*: a ideia de evolução de Platão a Darwin. Rio de Janeiro: Record, 2001.

LÜDKE, M., ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em Educação*: abordagens qualitativas. 6.ed. São Paulo: EPU, 1986.

MARTINS, L. A. P. *A teoria da progressão dos animais de Lamarck.* Campinas, 1993. 403f. Dissertação (mestrado em Genética) – Universidade Estadual de Campinas.

MARTINS, L. A. C. P. De Maillet e a evolução orgânica no Telliamed: um "precursor" de Lamarck? In: CARACCIOLO, R., LETZEN, D. *Epistemología e Historia de la Ciencia*. Selección de Trabajos de las XI Jornadas. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Filosofia y Humanidades, v.7(7) p 310-6, 2001.

MAYR, E. *Toward a new philosophy of Biology.* Cambridge: Harvard University Press, 1988.

_____. *One long argument*: Charles Darwin and the genesis of modern evolutionary thought. Cambridge: Harvard University Press, 1991.

MEGLHIORATTI, F. A. *História da construção do conceito de evolução biológica*: possibilidades de uma percepção dinâmica da ciência pelos professores de Biologia. Bauru. 2004. 272 f. Dissertação (mestrado) – Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista.

_____, BORTOLOZZI, J., CALDEIRA, A. M. A. Formação de professores e história da formulação do conceito de evolução biológica: possibilidades de uma percepção dinâmica da ciência. In: *4º Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – Abrapec*. Bauru, 2003.

MEYER, D., EL-HANI, C. N. *Evolução*: o sentido da Biologia. São Paulo: Editora UNESP, 2005.

MORA, J. F. *Dicionário de filosofia.* São Paulo: Martins Fontes, 2001.

PACHECO, R. B. C., OLIVEIRA, D. L. O homem evoluiu do macaco? Equívocos e distorções nos livros didáticos de Biologia. In: *VI Encontro de Perspectivas do Ensino de Biologia.* Anais. São Paulo: Feusp, 1997.

ROSA, V., MUNIZ, E. C. N., CARNEIRO, A. P. C., GOEDERT, L. O tema evolução entre professores de Biologia não licenciados – dificuldades e perspectivas. In: *VIII Encontro de Perspectivas do Ensino de Biologia.* Anais. São Paulo: USP, 2002.

ROSS, D. *Aristóteles*. Trad. Luís Filipe Bragança S. S. Teixeira. Lisboa: Dom Quixote, 1987.

TAVARES, M. L. *A Terra é viva?* Hipótese Gaia e definições de vida. Monografia (bacharelado em Ciências Biológicas) – Instituto de Biologia da UFBA, 2000.

VLASTOS, G. O. *O universo de Platão.* Trad. Maria Luiza Monteiro Salles Coroa. Rev. João Pedro Mendes e Celestino Pires. Brasília: Editora da Universidade de Brasília, 1987. (Coleção Pensamento Científico, v.22).

8

FORMAÇÃO DE NOVAS ZONAS DO PERFIL EPISTEMOLÓGICO BACHELARDIANO: ALGUNS RESULTADOS DE UMA PESQUISA BASEADA NAS ETAPAS DA CONSCIENTIZAÇÃO E FAMILIARIZAÇÃO

Moacir Pereira de Souza Filho[1]
Sérgio Luiz Bragatto Boss[2]
João José Caluzi[3]

Introdução

Em um trabalho recente, Souza Filho et al. (2009) apresentaram algumas estratégias de ensino que foram utilizadas em uma pesquisa

1. Professor assistente doutor, Departamento de Física, Química e Biologia, Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNESP, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente, São Paulo, Brasil. *e-mail:* moacir@fct.unesp.br.
2. Professor assistente, Centro de Formação de Professores, UFRB, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Amargosa, Bahia, Brasil. Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Faculdade de Ciências, UNESP, Universidade Estadual Paulista, Bauru, São Paulo, Brasil. *e-mail:* serginho@fc.unesp.br.
3. Professor assistente doutor, Departamento de Física, Faculdade de Ciências, UNESP, Universidade Estadual Paulista, Bauru, São Paulo, Brasil. Também professor do Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência da Faculdade de Ciências. *e-mail:* caluzi@fc.unesp.br.

de doutorado (Souza Filho, 2009), e que se mostraram profícuas para a aquisição de novos conceitos referentes ao eletromagnetismo clássico.

Consultando a literatura da área de Ensino de Ciências podemos encontrar diversos trabalhos que se dedicam a investigar a aprendizagem de conceitos abstratos. Apenas para mostrar exemplos, podemos citar: o conceito de tempo (Martins, 2004), o conceito de átomo (Mortimer, 2000), a estrutura e o comportamento dos materiais (Posada, 1997; Souza Filho, 2009), as concepções de cargas e campos elétricos (Furió & Guisalsola, 1998a, 1998b, 1999; Boss, 2009), a ideia de campo magnético (Guisasola, Almudí & Zubimendi, 2003), e as relações entre os fenômenos eletromagnéticos (Souza Filho, 2009).

Um dos pontos em comum entre esses trabalhos é que consideram as dificuldades de aprendizagem relacionadas ao sistema cognitivo do sujeito aprendiz.

Há um consenso na área de Ensino de Ciências em considerar que uma das principais dificuldades na aprendizagem de conceitos abstratos se relaciona, principalmente, às *concepções alternativas* que os estudantes possuem e trazem para o interior do ambiente escolar. Essas concepções prévias ao ensino formal podem representar um obstáculo à aquisição de novos conhecimentos. Elas apresentam um caráter *idiossincrático* e mostram-se fortemente arraigadas e estruturadas no sistema cognitivo do sujeito, sendo, por isso, muito resistentes às mudanças (Martins, 2004, p.37). Pesquisadores desconsideram que haja uma mudança conceitual entre esses dois níveis de conhecimento conforme entendiam Posner et al. (1982), e consideram a convivência e a coexistência de diferentes concepções na mente do estudante (Mortimer, 2000).

Baseado nesses pressupostos e na noção de perfil epistemológico (Bachelard, 1991), Mortimer desenvolve a noção de perfil conceitual. Esse perfil representa um esboço das diferentes formas de pensar na psicologia do sujeito (Mortimer, 2000). Embora alguns autores (Martins, 2004; Souza Filho, 2009) prefiram manter o termo "perfil epistemológico" por entenderem que Bachelard já

preconizava as diferenças ontológicas entre as diferentes zonas do perfil, o importante é que a concepção de perfil sugere determinadas zonas hierarquizadas, no sentido de que o conhecimento novo tem maior poder de explicação sobre seu predecessor. Em outras palavras, é na interface entre o conhecimento elementar e o conhecimento científico que ocorre o processo de aprendizagem. A partir do momento em que o sujeito adquire essa nova concepção, o conhecimento antigo tem seu *status* reduzido, porém ambos passam a coexistir na mente do indivíduo, que poderá utilizar uma ou outra concepção, dependendo do contexto.

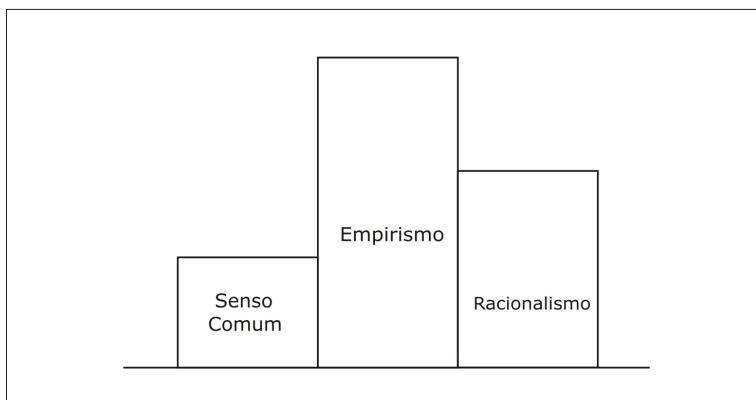



Figura 1 – Característica geral que o perfil epistemológico pode assumir

Em relação a noções abstratas, Martins (2004, p.36) aponta que o aprendiz apresenta esquemas comuns de pensamento que representam certas "tendências do pensar". Sendo assim, estudantes possuem pensamentos dominados por aspectos óbvios da percepção. Nesse sentido, eles possuem tendências para substancializar ou "coisificar" determinadas noções abstratas ou percepções sensoriais.[4]

4. Essas tendências representam aquilo que Bachelard (1996) denominou de *obstáculos substancialistas*.

Vamos apresentar neste trabalho alguns resultados de uma tese de doutorado defendida recentemente (Souza Filho, 2009) que busca compreender como o estudante adquire uma nova zona ou região do perfil epistemológico. Para isto, utilizamos as etapas da psicanálise (*conscientização* e *familiarização*) propostas por Santos (1998) e que foram fundamentadas na epistemologia de Gaston Bachelard (1884-1962).

Metodologia do trabalho de pesquisa e as etapas da psicanálise

O trabalho de pesquisa foi realizado a partir de um curso extracurricular para alguns alunos de graduação que denominamos Fundamentos Históricos do Eletromagnetismo.[5] O objetivo desse curso foi reunir os estudantes do curso de licenciatura em Física interessados pela história do eletromagnetismo em um *grupo de estudos* que, além de trazer aos participantes informações e conteúdos por meio de textos e experimentos[6] históricos, tornou-se o objeto de nossa pesquisa: o estudo do sistema cognitivo do aprendiz.

O curso foi ministrado no decorrer do ano letivo de 2006, com uma carga horária de sessenta horas/aulas, distribuídas quinzenalmente em vinte encontros, com duração de três horas cada. Foram disponibilizadas inicialmente 15 vagas[7] que obedeceram rigorosa-

5. Em Souza Filho et al. (2009) fizemos uma breve incursão na história do eletromagnetismo. Portanto, não trataremos neste artigo de conceitos específicos. O leitor que desejar, pode consultar o capítulo referente a esse tópico.
6. Esses experimentos foram feitos com materiais e equipamentos acessíveis para nós: materiais de baixo custo e equipamentos disponíveis no laboratório didático de Física.
7. Embora tenha havido 15 inscritos no curso proposto, o aluno THI, que não estava inscrito, pediu para participar do curso totalizando 16 alunos no primeiro dia de aula (questionário inicial). No meio do curso (módulo 1) e final do curso (módulo 2) tivemos sete e seis alunos que responderam ao questionário, respectivamente.

mente à ordem de interesse pela matrícula. O "rol" de alunos da nossa amostra foi composto basicamente por estudantes do sexo masculino com idades variando entre 18 a 25 anos de idade, os quais cursavam o segundo ou terceiro ano do curso de licenciatura em Física da UNESP/Bauru.

Trata-se de uma *pesquisa qualitativa,* que pode ser classificada como *pesquisa-ação*. Tozoni-Reis (2007, p.31) nos ajuda a definir esse plano de investigação salientando que a pesquisa-ação "articula a produção de conhecimentos com a ação educativa", ou seja, por um lado, ela investiga e produz conhecimento sobre a realidade a ser estudada, por outro, realiza um processo educativo para o enfrentamento desta mesma realidade. Existe uma articulação entre a teoria e a prática. Neste sentido, os participantes deixam de ser simplesmente "objetos de estudo" para se tornarem pesquisadores do conhecimento sobre sua própria realidade. Assim, os integrantes da pesquisa "compartilham conhecimento que trazem de diferentes experiências sócio-históricas com o objetivo de promover, pela *ação-reflexão-ação*, transformações na realidade [...] que investigam" (Tozoni-Reis, 2007, p.32).

Elaboramos três questionários sobre diferentes aspectos do tema escolhido (eletromagnetismo): o *primeiro* questionário foi aplicado no início do curso para que pudéssemos inferir algumas concepções relativas aos conceitos e elaborar nosso cronograma de trabalho; o *segundo* e o *terceiro* questionários foram aplicados respectivamente no final de cada módulo proposto, ou seja, no final de cada semestre, como uma forma de sintetizar o conteúdo abordado e as ideias veiculadas.

A estrutura da coleta e análise dos dados estão baseadas nas etapas do *tempo crítico da psicanálise* que foram propostas por Santos (1998, p.202-25) e fundamentadas em Bachelard. Estas etapas consistem em:

- *Conscientização* (questionário respondido no primeiro dia de aula).

- *Desequilibração*[8] (análise das ideias veiculadas pelos estudantes durante os encontros no decorrer do curso).
- *Familiarização* (questionário referente ao *módulo 1* – final do primeiro semestre e questionário referente ao *módulo 2* – final do segundo semestre e término do curso).

O próprio termo *conscientização* sugere o reconhecimento de que as concepções iniciais que o aluno possui não são suficientes para explicar determinados fenômenos. Para isto, Santos (1998, p.212) recomendou que o professor propusesse atividades que encorajassem o aluno a invocar as suas ideias, explicitando-as ao professor e aos colegas, mas, acima de tudo, a si próprio. É fundamental que o aluno raciocine sobre suas concepções. Para isso, o professor deve disponibilizar a ele um tempo para reflexão. O educador deve explorar o significado do que está sendo dito, deixando o aprendiz usar seu vocabulário próprio, mesmo que ele apresente termos incorretos, para que possa guiar o diálogo e conscientizá-lo de suas certezas. A interação entre os colegas e os registros gráficos (questionários, desenhos, esquemas, etc.) são elementos pedagógicos relevantes para facilitar o pensamento.

As estratégias de *familiarização* têm como propósito a introdução de novas ideias. Assim, é somente com a construção de novas ideias que se dá a ruptura entre os conhecimentos. Nesse sentido, Santos (1998, p.216) comenta que, "se algumas experimentações podem bastar, como estratégias para *infirmar* ideias prévias, geralmente, não bastam para 'descobrir' a realidade escondida. Em regra, uma ideia combate-se com outra ideia". A autora aponta algumas condutas que permitiriam ao professor implementar essa estratégia em sala de aula, entre as quais podemos apontar: proporcionar situações em que o aluno comente textos históricos, em que

8. O processo de *desequilibração*, que consiste no diálogo ocorrido entre professor e aluno, não será abordado aqui. Este artigo se dedica apenas a analisar os questionários respondidos pelos alunos (*conscientização* e *familiarização*).

ele identifique conclusões e suporte ou justifique essas conclusões; situações em que o aluno sintetize várias opiniões numa ideia; situações em que se utilizem palavras com múltiplos significados, dando oportunidades para que os alunos identifiquem o sentido em que elas estão sendo usadas, etc.

Neste trabalho, vamos nos deter na análise da *conscientização* e *familiarização* que correspondem à análise dos questionários. A *desequilibração* consiste numa "ponte" entre esses dois estágios e será tratada num outro artigo.[9]

Apresentação e análise dos resultados

As transcrições dos questionários, na íntegra, podem ser consultadas em Souza Filho (2009). Vamos apresentar neste artigo os trechos mais relevantes, juntamente com sua análise. Identificamos os sujeitos da pesquisa apenas com as três primeiras letras do nome.

Etapa da conscientização (questão inicial)

Em sua opinião existe relação entre os fenômenos elétricos e os fenômenos magnéticos? Em sua resposta, argumente defendendo seu ponto de vista.

A ideia básica com essa pergunta foi conhecer o perfil epistemológico apresentado pelos alunos em relação às zonas desse perfil que iríamos estudar (*realismo ingênuo*, *empirismo* e *racionalismo*) e, assim, ter alguns subsídios para a elaboração do nosso plano de trabalho e para uma análise comparativa da evolução do perfil.

Antes de analisar as manifestações colocadas, convém destacar que, dos 16 alunos que responderam a esse questionário, apenas

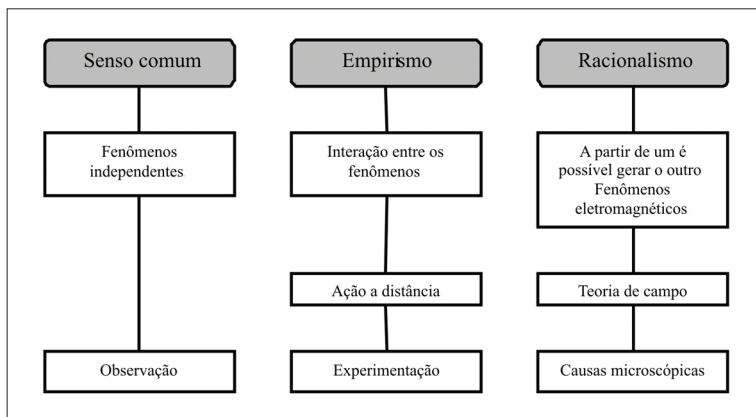
9. Tendo em vista o formato proposto para o livro, foi necessário dividir o trabalho em duas partes. Este capítulo aborda as etapas de *conscientização e familiarização*, e outro, as etapas de *desequilibração*.

um não opinou. Os demais, sem exceção, afirmaram existir uma relação entre os fenômenos elétricos e magnéticos e suas ideias são detalhadas mais adiante. No entanto, muitos não se sentiram seguros e questionaram seu próprio conhecimento. Só para citar alguns exemplos: o estudante CAR afirmou que "*não sabe*", "*não faz ideia*" e "*não se sente capaz de diferenciar esses fenômenos*" e disse considerá-los *"forças ocultas"* dos corpos. O aluno SER disse que não consegue *"abstrair"* para explicar como se dá essa relação e para ele tudo fica *"nebuloso"*. O integrante do grupo LUC acredita que não é possível afirmar essa relação *"com o grau de conhecimento que ele possui"*. Já o estudante EDE considerou ser *"necessária uma complementação dos seus conhecimentos para uma melhor argumentação"* e questionou se o conhecimento que ele possui está de acordo com os critérios aceitos pela *comunidade científica* ou pela própria *"verdade"* científica. E, finalmente, o aluno MÁR disse que é difícil classificar esses fenômenos e que *"sua opinião não foi formada por ele, mas [foi] inserida em sua mente"*, o que sugere um ensino dogmático-transmissivo.

O Quadro 1, ao ser pensado numa matriz, apresenta nas colunas as categorias que representam as diferentes zonas do perfil. Nas linhas, as categorias correspondem às respostas dos alunos, das quais nós apresentaremos a seguir pequenos trechos:

Fenômenos independentes: *Acredito que são independentes, pois podemos ter fenômenos elétricos não relacionados a magnéticos e vice-versa. Por exemplo, ao ligarmos uma lâmpada incandescente, não existe nenhum fenômeno magnético, já que a luz é gerada pela resistência; para escutarmos discos [...], teremos apenas fenômenos elétricos; um ímã atrai objetos metálicos através de seu magnetismo; esfregando uma caneta nos cabelos conseguimos atrair pequenos pedaços de papel, sem nenhuma utilização de energia [magnética].* [AND]

Após esfregarmos uma caneta no cabelo, ao aproximarmos esta caneta de pedacinhos de papéis, atraímos estes [papéis]. [...]. Tal fenô-

meno seria um fenômeno elétrico. No entanto, ao atritarmos um ímã permanente numa agulha, ao aproximarmos tal agulha de pedacinhos de limalhas de ferro, ela também atrai a limalha. [NET]

Quadro 1 – Enquadramento das características presentes nas diferentes regiões do perfil[10]

Observação: *Existe, pois é visível (observável) a relação entre um campo magnético e um campo elétrico, como, por exemplo, em usinas de geração de energia, no dínamo. [...] o efeito visto em tubos de TV imediatamente após a ocorrência de um raio, [...]. Também observo em solenoides (eletroímãs), a transformação de energia elétrica em mecânica; o mesmo ocorre em alto-falantes, campainhas, etc.* [SAL]

Interação entre os fenômenos: *A reação de uma bússola próxima de um fio transpassado por uma corrente contínua, por exemplo,*

10. No caso do tipo de ação entre os fenômenos, consideramos que a *ação a distância* está relacionada ao *empirismo* e a noção de *campo* ao *racionalismo*. No entanto, sabemos que o modelo da ação a distância possui predições teóricas que permitiriam enquadrá-lo na zona do racionalismo, assim como a noção de campo em alguns aspectos poderia ser enquadrada no empirismo. Inexiste para essa análise a zona referente ao senso comum.

é evidência disso. Mas pressupomos que a bússola é instrumento que evidencia fenômenos magnéticos e que a corrente no fio é fenômeno elétrico. [...] vimos o fenômeno elétrico causar efeito na bússola. Não percebemos o efeito da bússola sobre a corrente! Logo, esta experiência sugere, [...], uma "unilateralidade" na relação! [MÁR]

Ação a distância: *Sim, pois as maneiras em que se dá a interação elétrica e magnética são praticamente semelhantes: ambas têm a ação a distância, podem surgir forças atrativas ou repulsivas de acordo com a situação (na eletricidade ou no magnetismo).* [ADR]

Experimentação: *Fundamento o meu "achar que sim" no experimento [...] em que a passagem da corrente elétrica no fio metálico ocasiona a movimentação da agulha da bússola quando esta é posicionada de forma apropriada.* [SER]

Após esfregarmos uma caneta no cabelo, ao aproximarmos esta caneta de pedacinhos de papéis, atraímos estes [papéis]. [...]. Tal fenômeno seria um fenômeno elétrico. No entanto, ao atritarmos um ímã permanente numa agulha, ao aproximarmos tal agulha de pedacinhos de limalhas de ferro, ela também atrai a limalha. [NET]

A partir de um fenômeno é possível gerar o outro: *Existe sim uma relação entre fenômenos elétricos e fenômenos magnéticos, pois fenômenos magnéticos podem ser gerados a partir [...] de uma corrente elétrica passando por um condutor, do mesmo modo que um ímã em movimento pode gerar uma corrente elétrica.* [VIT]

Teoria de campo: *Uma bobina (solenoide) produz campo magnético quando se passa corrente elétrica. E o mesmo ocorre quando um campo magnético oscila, produzindo uma corrente alternada.* [FÁB]

Eu poderia definir um fenômeno magnético através do fato de que seus campos são sempre fechados como se não houvesse uma origem, nem um fim para as linhas de campo. [...]. Fenômenos elétricos possuem campos com origem ou fim [...], mas afinal, o que são campos? Distorção do éter? Propagação de matéria do espaço, que indica a existência de partícula?

Em minha opinião há, sim, relação entre fenômenos magnéticos e elétricos, no entanto não compreendo como a movimentação (osci-

lação) de um campo elétrico possa interferir com o campo magnético. [NET]

Causas microscópicas: *Forças elétricas interagem com forças magnéticas [...]. Ambas têm suas causas no mundo microscópico.* [ADR]

Neste caso, pensamos que ao esfregarmos o ímã estaríamos alinhando os "domínios" numa direção preferencial e acabamos por classificar tal fenômeno como magnético. [NET]

Entende-se que um átomo é composto por "entes" que possuem como propriedade uma quantidade denominada carga elétrica. Assim, a movimentação destes "entes" pela barra metálica confere a ela uma capacidade de influenciar sobre um ímã. [MÁR]

Por meio da *etapa da conscientização*, realizada por esse questionário inicial, foi possível classificar a pluralidade de pensamentos dos participantes do curso, dentro das nossas categorias, que correspondem às zonas do perfil. Verifica-se que uma mesma fala pode ser classificada em duas ou mais subcategorias, ou, ainda, que as respostas dos estudantes podem ser desmembradas de forma que cada trecho possa ser enquadrado nessas subcategorias.

O principal objetivo dessa etapa foi que o aluno pudesse conhecer e trazer à tona suas concepções e perceber que o conhecimento científico não é uma "receita" a ser seguida. Não há uma verdade pronta e definitiva. Se entendido como um processo, ele não possui início nem fim. O conhecimento está em constante mutação e vai sendo constituído por erros e acertos.

Etapa da familiarização (questionários módulo 1 e 2)

Esses questionários foram elaborados com base em textos históricos. Antes de cada pergunta, havia duas citações históricas antagônicas ou conflitantes, extraídas de fontes primárias ou artigos científicos (Souza Filho, 2009). O objetivo dessas questões era instigar o aluno a repensar o que ele já havia pensado antes, na etapa

da conscientização. A etapa da *familiarização* permite que os estudantes tenham a oportunidade de rever os seus conceitos e confrontá-los com as concepções socialmente aceitas pela comunidade científica.

Conforme já explicado, a etapa da familiarização se subdividiu em dois questionários distintos:

- Questionário do módulo 1 – corresponde a quatro questões e foi aplicado em meados do curso.
- Questionário do módulo 2 – corresponde a três questões e foi aplicado no final do segundo semestre (*i.e.*, no final do curso).

Vamos apresentar as questões de forma resumida e, em seguida, analisar as respostas dos estudantes de maneira geral:

Análise do questionário – módulo 1

1. Existe diferença entre a eletricidade produzida por atrito e a eletricidade produzida por uma pilha?

[MÁR] – *A eletricidade produzida pelo atrito produz cargas elétricas que diferem daquela produzida por uma pilha, por estarem estáticas, ou se movimentarem pouco em relação à sua configuração. O "fluido galvânico" é constituído também por cargas elétricas,*[11] *mas estas se movimentam orientadas em um dado sentido.*

Assim como esse estudante, os alunos de maneira geral analisaram essa questão em relação ao "comportamento cinético" das cargas. Segundo eles, no primeiro caso, elas são cargas estáticas, enquanto, no segundo, estão em movimento, apresentando um comportamento dinâmico ordenado. Assim, embora apresentem a mesma *causa*, seus *efeitos* são distintos.

11. No decorrer do artigo aparecem alguns casos de anacronismo, como esse que pudemos observar.

É interessante notar que ninguém faz uma análise baseada na concepção de campo. Por exemplo, um pente atritado gera no seu entorno um *campo elétrico* que é responsável por atrair os pedacinhos de papel, ou, ainda, um fio conduzindo corrente gera um *campo magnético* ao seu redor que só irá interagir com "materiais ferromagnéticos", o que não é o caso dos papéis.

2. Você considera que o polo Norte possui maior poder de atração que o polo Sul?

[SID] – *Se esta pergunta fosse feita no início do curso, eu responderia que não! Mas, agora, já foi "comprovado" que um polo tem maior força de atração que o outro.*

[NET] – *Aparentemente sim; num experimento feito no grupo vimos que muitas vezes um dos polos exerce uma força maior em materiais metálicos do que o outro [polo]. Percebemos que as limalhas de ferro frequentemente ficam mais concentradas sobre um dos polos, tal fato se deve às imperfeições do ímã, [ou seja], partes não homogêneas, com defeitos gerais.*

[MÁR] – *Da experimentação feita num dos encontros, observei que realmente numa pedra magnética (ímã) um dos polos possui uma força maior de atração sobre objetos do que o outro, mas penso que dizer que o polo Norte possui mais força que o polo Sul é um equívoco, visto que este polo possui sua força aumentada devido à constituição e o processo de formação do material, [...] [isso] depende fortemente das condições às quais o ímã foi submetido (tratamento térmico, presença de outros ímãs).*

[ALI] – *Teoricamente, penso ser impossível haver um desequilíbrio de forças de tal magnitude. Portanto, parece razoável que as forças dos polos [...] sejam de mesmo módulo, [...].*

[VIT] – *Se considerarmos um ímã ideal, ou seja, livre de possíveis impurezas ou materiais indesejados, eu não considero que o polo Norte tenha maior poder de atração, pois as linhas magnéticas de força são as mesmas em ambos os lados.*

Há uma contradição entre aquilo que os alunos observaram durante o experimento em sala de aula (empirismo) e aquilo que eles consideram ser correto teoricamente (racionalismo). Para uns, o fato experimental é incontestável. Segundo o aluno SID, foi "comprovado" por meio do experimento! Embora alguns alunos reconheçam que isso foi mostrado experimentalmente (MÁR, NET), eles atribuem o fato às imperfeições ou às condições térmicas às quais o material foi submetido durante o processo de fabricação. Os estudantes ALI e VIT consideram que esse fato é teoricamente impossível. Para VIT, a quantidade de linhas que saem de um ímã são as mesmas que chegam até ele.

3. Por que é possível conduzir a eletricidade e não é possível conduzir o magnetismo?

[SID] – *Na eletricidade, temos as cargas elétricas e podemos provocar uma diferença de potencial entre os corpos envolvidos. No magnetismo, as linhas de campo saem de um polo e chegam ao outro, [...].*

[THI] – *Não é possível conduzir o campo magnético, por se tratar de um fenômeno decorrente do movimento orientado de cargas elétricas.*

[MÁR] – *O "fluido magnético" não pode ser transportado pelo fato de que [o transporte] é uma consequência da movimentação de cargas, ou seja, ele não existe por conta própria.*

[SER] – *Esta é uma boa pergunta! A hipótese que tenho é porque na eletricidade há movimento de cargas, e nos fenômenos magnéticos não há um movimento equivalente. [...] a eletricidade é transmitida, muito provavelmente, por meio de deslocamento de cargas, [...]. Já os fenômenos magnéticos ocorrem apenas por alinhamento dos momentos de dipolo magnético, e o campo magnético tem um limite espacial para esses alinhamentos, pois é possível, por hipótese, dizer que a partir de certa distância o campo magnético "não consegue" alinhar os momentos de dipolo magnético seguintes do material. [...] Resumindo, a eletricidade é transmitida porque existem cargas elétricas que se movimentam, o magnetismo não é transmitido porque não existem "cargas magnéticas" que se movimentam.*

De maneira geral, os alunos consideram que a *eletricidade* pode ser conduzida porque existe uma diferença de potencial que é responsável pelo movimento das cargas elétricas. Já o fenômeno magnético, segundo eles, decorre de um alinhamento dos momentos de dipolo magnético do material e por isso não pode ser transmitido.

4. Existe relação entre eletricidade e magnetismo?

[NET] – *Na matéria há uma propriedade intrínseca: a carga. Tal carga tem a ela associada um campo elétrico, ou seja, esta carga promove uma "força a distância" sobre a outra carga, que é algo intrínseco a ela. Deste princípio, nascem os fenômenos elétricos. Ao fazer esta carga se deslocar, ela acaba provocando outro fenômeno. Ela passa a produzir um campo magnético que é fechado em si mesmo, sem origem e fim, numa direção perpendicular ao deslocamento da carga; tal fato gera os então chamados fenômenos magnéticos [...]*

[SER] – *Concordo com Gilbert quando ele diz que a causa do movimento da magnetita é bem diferente do âmbar, já que o primeiro se deve a um campo magnético e o segundo a um campo elétrico, e estes são fenômenos distintos. No entanto, também concordo com Franklin, pois, a partir de um fenômeno elétrico, [...] é possível gerar campo magnético; e a partir de um fenômeno magnético, [...] com a variação temporal do fluxo de campo magnético, é possível gerar campo elétrico. Desta forma, penso que ambas as afirmações estão coerentes.*

Todos foram unânimes em dizer que existe uma relação entre os dois fenômenos (processos) considerados. Embora a maioria dos estudantes considere que sejam fenômenos distintos em sua natureza, eles consideram que o deslocamento de cargas ou variação de campos evidencia a relação entre esses fenômenos, uma vez que, por meio de um, é possível gerar o outro.

Análise do questionário – módulo 2

No final do curso, ao terminarmos o módulo 2, formulamos outro questionário contendo *três* perguntas, visando traçar um pa-

norama geral das ideias dos estudantes. Sintetizamos a seguir as principais ideias:

1. O que você considera ser responsável por produzir o campo magnético ao redor do ímã? E ao redor de um fio conduzindo uma corrente elétrica? O que estas coisas têm em comum?

[ALI] – *O movimento angular dos elétrons; o movimento retilíneo dos elétrons; o movimento dos elétrons, mesmo que quanticamente não faça sentido dizer em trajetória,* [...].

[MÁR] – [...] *creio que a origem deste campo magnético deve ser uma espécie de corrente elétrica permanente e interna ao material que compõe o ímã; a passagem de uma corrente elétrica pelo fio; a presença de uma corrente elétrica é comum.*

[NEL] – *Em nível atômico, partículas em vibração ou movimento no interior do ímã; no fio condutor temos a presença de uma corrente elétrica que são cargas em movimento; a presença de cargas em movimento.*

[SER] – *O momento de dipolo magnético; a variação da corrente elétrica no tempo; a geração dos campos magnéticos.*

Os alunos consideram que, em seu nível atômico, os ímãs possuem partículas vibrando ou espécies de "elétrons" girando, o que, assim como as cargas em movimento no fio, confere ao ímã seu campo magnético. O estudante SER considera que o alinhamento do momento de dipolos magnéticos seja responsável pelo campo do ímã.

2. Diferencie as duas situações: o experimento de Ørsted e o experimento de Faraday.

[ALI] – *Na primeira situação,* [...] *é uma corrente contínua que gera um campo magnético e que interage com a bússola [...]. Na segunda situação, é a variação de fluxo de campo magnético que "gera" a corrente elétrica.*

[MÁR] – *No experimento de Ørsted, o alinhamento da bússola é devido à presença de um campo magnético produzido a partir da passagem da corrente elétrica. Este campo não muda sua polaridade devido ao fato de a corrente também não mudar de sentido. No experimento de Faraday, a agulha do galvanômetro movimenta-se apenas quando diminui ou aumenta a intensidade da corrente elétrica, provocando uma variação na intensidade do campo magnético que ela produz;* [...].

[NEL] – *Na primeira situação temos a presença de um campo magnético constante ao redor do fio garantindo a sustentação da agulha. No experimento de Faraday existe a interação entre correntes pelas bobinas, onde o primário só irá induzir corrente no secundário se houver alternância no campo magnético (ligar e desligar).*

[VIT] – *No primeiro experimento o campo elétrico gera um campo permanente, enquanto que, no experimento de Faraday, a indução de corrente elétrica ocorre apenas com a variação do campo magnético.*

Parece um consenso entre os alunos considerar que, no primeiro caso, enquanto houver uma corrente no fio condutor existe um campo magnético constante que interage com a bússola. Em relação à segunda situação, eles reconhecem que o "ligar" e o "desligar" da chave provoca uma variação na intensidade da corrente, que provoca uma variação no fluxo magnético e induz uma corrente apenas enquanto houver essa variação. Parece que, em geral, os alunos passaram a ter mais clareza dos experimentos que envolvem o *campo magnético*.

3. Pode existir um campo elétrico sem um campo magnético? E o último sem o primeiro?

[SER] – *Campo elétrico e campo magnético são fenômenos independentes, portanto a existência de um não depende [da existência] do outro; por exemplo, uma carga elétrica parada apresenta um campo elétrico e não campo magnético, já que um ímã parado apresenta apenas campo magnético e não elétrico.*

[VIT] – *Em ambos os casos, um não existirá sem o outro, pois não existe um campo elétrico sem campo magnético. Em um ímã existem microcorrentes responsáveis pelo campo magnético.*

[AND] – *Um não existirá sem o outro, se nós considerarmos que dentro do ímã existem microcorrentes.*

[NEL] – *Sim, pois campo magnético é uma característica de cargas em movimento. Você pode ter uma carga puntual estacionária sem a presença de um campo magnético. Mas pode-se produzir um [campo] por meio do outro.*

O estudante SER considera que existe um campo elétrico sem um campo magnético e vice-versa, pois ambos são independentes: "cargas paradas" geram um *campo elétrico* e um "ímã estático" produz apenas o *campo magnético*. Outros alunos (AND, VIT), por considerarem que a fonte de campo magnético é de origem elétrica, acreditam que, nesse caso, esses fenômenos estão intrinsecamente relacionados. Para o estudante NEL, uma carga estacionária existe sem a presença de um campo magnético, no entanto, quando ela está em movimento, "gera" esse campo.

Essa etapa da *familiarização* teve como objetivo conhecer o perfil epistemológico que os alunos manifestavam no final do processo de aprendizagem, a fim de que pudéssemos compará-lo com o perfil existente no início do curso. Essa estratégia serviu de subsídios para que pudéssemos avaliar se houve ou não uma *alteração no perfil epistemológico* do aluno ao longo do curso proposto.

A Tabela 1 e o Gráfico 1 apresentam, em termos de porcentagens, as respostas dos alunos enquadradas nas diferentes zonas do perfil epistemológico. Inicialmente, analisamos o primeiro questionário, que foi respondido no primeiro dia de aula; em seguida, o questionário referente ao módulo 1 (final do primeiro semestre); e, finalmente, o questionário do módulo 2 (final do curso).

Tabela 1 – Zonas do perfil epistemológico (geral)[12]

	Quest. 1(%)	Quest. M1(%)	Quest. M2(%)
Não apresentou perfil definido	15	–	–
Senso comum (observação dos fenômenos)	25	5	5
Empirismo (por meio de experimentos)	30	42	33
Racionalismo (causas no mundo microscópico)	30	52	62

Pudemos verificar que, inicialmente, alguns estudantes apresentaram perfis indefinidos (15%), ou seja, suas respostas não puderam ser enquadradas em nenhuma zona do perfil bachelardiano. Após os encerramentos dos módulos, todos os estudantes passaram a apresentar pelos menos uma das zonas do perfil. Em relação à categoria de *senso comum*, tivemos uma queda em relação aos dados iniciais, que eram de 25% e caíram a 5% no módulo 1 e se mantiveram em 5% no módulo 2. Essas quedas são acompanhadas por evidências de que ideias com *status* iniciais inferiores, se tornaram menos presentes. No caso do *empirismo*, que era inicialmente de 30%, notamos que houve um aumento dessa porcentagem no final do módulo 1 (42%), pois, nesse módulo, as questões relacionadas a essa zona do perfil estiveram bem presentes. Em seguida, houve uma queda desse valor para 33%, ou seja, as explicações deixaram de ser baseada apenas nos experimentos e passaram a possuir uma explicação mais racional. O aumento gradativo da perspectiva racionalista (30%, 52% e 62%) é um bom indicativo, pois mostra que, de maneira geral, as discussões realizadas em sala de aula possibilitaram ao aluno ter uma visão de um conhecimento mais elaborado e sistematizado em relação aos fenômenos estudados (vide Gráfico 1).

12. O número de alunos que responderam aos questionários (1, M1 e M2) foram, respectivamente, 16, 7 e 6 alunos.

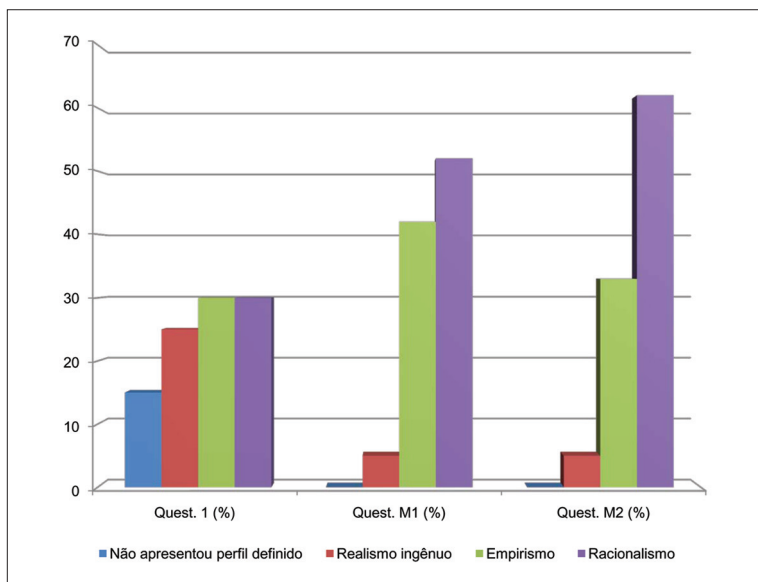



Gráfico 1 – Zonas do perfil epistemológico (geral)

A partir da análise feita e dos dados apresentados verificou-se que as etapas da psicanálise (conscientização e familiarização) contribuíram para que o aluno pudesse "construir" conceitos mais elaborados e vislumbrar novos conhecimentos a partir de suas próprias concepções.

Considerações finais

A etapa da *conscientização*, como o próprio nome sugere, visa fazer os alunos ver que muitos dos conhecimentos que eles possuem e trazem para o ambiente escolar, embora bem estruturados, não conseguem explicar toda a complexidade dos fenômenos científicos. Essas anomalias e inconsistências, aqui caracterizadas pelas *concepções alternativas*, são frutos de um passado e de uma cultura relevantes e indispensáveis para a formação ou a aquisição de conhecimentos mais sistematizados e mais elaborados.

Logo após realizarmos a etapa de conscientização dos alunos acerca de suas dúvidas e certezas e utilizar situações potencialmente desequilibradoras, elaboramos na etapa da *familiarização* os questionários (módulos 1 e 2) compostos de quatro e três questões, respectivamente, que permitiram um confronto de concepções anteriores com as novas ideias. A análise dos questionários mostrou que os alunos passaram a utilizar termos científicos que sugerem um maior poder de abstração em relação ao início do curso. O resultado pode também ser inferido ao se analisarem a Tabela 1 e o Gráfico 1. Com um olhar atento a esses indicadores, é possível verificar uma evolução das respostas dos integrantes do curso ao final de cada módulo. À medida que as respostas enquadradas na região do senso comum têm seu *status* diminuído, verificamos um aumento na região do racionalismo.

O processo de aprendizagem se mostrou profícuo com a utilização da metodologia adotada. O perfil epistemológico dos alunos, que na etapa da conscientização estava fortemente pautado nas visões de senso comum e do empirismo, passou a ser enquadrado na região do racionalismo. Isto pode ser inferido porque os questionários no final dos módulos (familiarização) mostraram a aquisição de uma região com maior coerência racional dentro da hierarquia do pensamento, o que sugere a aprendizagem de conceitos científicos.

Referências bibliográficas

BACHELARD, G. *O racionalismo aplicado*. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.

_____. *A filosofia do não*: filosofia do novo espírito científico. 5.ed. Lisboa: Editorial Presença, 1991.

_____. *A formação do espírito científico*: contribuição para uma psicanálise do conhecimento. 3. reimpressão. Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

_____. *Ensaio sobre o conhecimento aproximado.* Rio de Janeiro: Contraponto, 2004.

BOSS, S. L. B. *Ensino de eletrostática*: a História da Ciência contribuindo para a aquisição de subsunçores. Bauru, 2009. 136 f. Dissertação (mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista.

FURIÓ, C., GUISASOLA, J. Difficulties in learning the concept of electric field. *Science Education*, v.82, n.4, p.511-26, 1998a.

_____. Dificultades de aprendizaje de los conceptos de carga y de campo electrico em estudiantes de bachillerato y universidad. *Enseñanza de las Ciencias*, v.16, n.1, p.131-46, 1998b.

_____. Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento. *Enseñanza de las Ciencias*, v.17, n.3, p.441-52, 1999.

GUISASOLA, J., ALMUDÍ, J. M., ZUBIMENDI, J. L. Dificultades de aprendizaje de los estudiantes universitários em la teoria del campo magnético y elección de los objetivos de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias*, v.21, n.1, p.79-94, 2003.

LOPES, A. R. C. Bachelard: o filósofo da desilusão. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.13, n.3, p.248-73, 1996.

MARTINS, A. F. P. *Concepções dos estudantes acerca da noção de tempo*: uma análise à luz da epistemologia de Gaston Bachelard. São Paulo, 2004. 218f. Tese (doutorado em Educação) – Faculdade de Educação – Universidade de São Paulo.

MORTIMER, E. F. *Linguagem e formação de conceitos no Ensino de Ciências.* Belo Horizonte: Editora da UFMG, 2000.

POSADA, J. M. Conceptions of high school students concerning the internal structure of metals and their electric conduction: structure and evolution. *Science Education*, v.81, n.4, p.445-67, 1997.

POSNER, G. J., STRIKE, K. A., HEWSON, P. W., GERTZOG, W. A. Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. *Science Education*, v.66, n.2, p.211-27, 1982.

SANTOS, M. E. V. M. *Mudança conceptual na sala de aula*: um desafio pedagógico epistemologicamente fundamentado. 2.ed. Lisboa: Livros Horizonte, 1998.

_____. *Que educação?* 1.ed. Lisboa: Santosedu, 2005.

SOUZA FILHO, M. P. *O erro em sala de aula*: subsídios para o ensino do eletromagnetismo. Bauru, 2009. 229f. Tese (doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista.

_____, BOSS, S. L. B., CALUZI, J. J. As etapas do tempo crítico da Psicanálise, o processo dialético e o perfil epistemológico: estratégias de ensino que podem subsidiar o pesquisador na avaliação do processo de aprendizagem. In: ANDRADE CALDEIRA, A. M. de (Org.). *Ensino de Ciências e Matemática II*: temas sobre a formação de conceitos. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009. p.167-82.

TOZONI-REIS, M. P. C. *Metodologia de pesquisa cientifica.* Curitiba: Iesde Brasil, 2007.

TORRE, S. *Aprender com os erros*: o erro com estratégia de mudança. Porto Alegre: Artmed, 2007.

9

Contribuições de um texto histórico de fonte primária para a aprendizagem significativa da Lei de Coulomb[1]

Sergio Luiz Bragatto Boss[2]
Moacir Pereira de Souza Filho[3]
João José Caluzi[4]

Introdução

A História da Ciência no Ensino de Ciências tem sido alvo de discussões e pesquisas, as quais têm ressaltado algumas contribuições que essa articulação pode trazer para o processo ensino-aprendizagem. Neste trabalho, discutiremos uma possível contribuição da História da Ciência para o aprendizado da Lei de Coulomb.

---

1. Um trabalho preliminar foi apresentado no VI Enpec (Boss, Souza Filho & Caluzi, 2009).
2. UFRB – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia – Centro de Formação de Professores/Campus de Amargosa. Professor assistente. Doutorando em Educação para a Ciência – UNESP/Campus de Bauru. *e-mail:* serginho@fc.unesp.br.
3. UNESP – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências e Tecnologia/Campus de Presidente Prudente. Professor assistente doutor do Departamento de Física, Química e Biologia. *e-mail:* moacir@fct.unesp.br.
4. UNESP – Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências/Campus de Bauru. Professor assistente doutor do Departamento de Física. *e-mail:* caluzi@fc.unesp.br.

Fazemos aqui uma análise de parte dos dados referentes a uma pesquisa que tem como principal objetivo verificar se o estudo e discussão de *fontes primárias* em sala de aula pode favorecer a construção de *subsunçores* pelos graduandos. A coleta de dados foi realizada em uma turma de licenciandos em Física da Universidade Estadual Paulista. O referencial teórico da pesquisa é a teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel.

Tendo em vista as dificuldades que os alunos apresentam no processo de aprendizagem dos conceitos, destacamos dois problemas referentes ao ensino de Física que entendemos contribuírem de forma importante para o insucesso do processo ensino-aprendizagem dos conceitos científicos: a metodologia utilizada para abordá-los e a *banalização* dos conceitos. Inicialmente, chamamos atenção à forma como a Física tem sido "*ensinada*", ou melhor, como seus conteúdos têm sido desenvolvidos. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs), o ensino de Física é realizado por meio da apresentação de conceitos, leis e "fórmulas" de maneira desarticulada e sem significado para os alunos. Coloca e exige a teoria e a abstração desde o início do processo de aprendizagem, sem levar em consideração o desenvolvimento gradual da aprendizagem. Prioriza e dá ênfase excessiva à utilização de "fórmulas", em situações artificiais, separando a linguagem matemática de seu significado físico. Enfatiza a resolução mecânica de exercícios repetitivos, buscando, de certa forma, a aprendizagem pela automatização ou memorização mecânica e não pela construção paulatina e sólida do conhecimento (Brasil, 2000, p.22).

Além disso, temos as próprias dificuldades intrínsecas à compreensão dos conteúdos e conceitos da Física. Muitas vezes, tais dificuldades são ignoradas pelos professores que tratam o conteúdo como algo bastante fácil de entender. As explicações físicas possuem determinados graus de complexidade; no entanto, com o passar do tempo, a "utilização" dos conceitos tende a banalizar um conteúdo cuja compreensão é bastante laboriosa. Em muitas situações, essa banalização faz com que dificuldades conceituais sejam

subestimadas e conceitos sejam tratados como óbvios e evidentes. Isto pode levar os alunos à crença equivocada de que teorias, conceitos e fenômenos físicos são mágicos (Dias, 2001, p.226).

Dada essa situação, defendemos que por meio da utilização da História da Física é possível evidenciar que os conceitos não são *óbvios* e, assim, ensiná-los de forma *não mecânica*, prezando pela compreensão conceitual e pela aprendizagem significativa. A inserção da História da Ciência no Ensino de Ciências justifica-se por várias razões e objetivos. Dentre eles, destacamos a sua utilização para auxiliar na compreensão dos conceitos científicos (Matthews, 1994, p.50-1; Villani et al., 1997, p.44; Boss, 2009; Souza Filho, 2009).

Entendemos que a História da Ciência e a teoria da aprendizagem significativa, quando aliadas, podem contribuir para melhorar a compreensão do conteúdo específico. Superando, dessa forma, a aquisição mecânica de "*fórmulas*", *equações* e *expressões matemáticas* que, muitas vezes, os alunos decoram e utilizam sem compreender o seu significado real (Vannucchi, 1996, p.19). Por meio do estudo histórico é possível fazer uma análise conceitual; é possível evidenciar como se deu a enunciação de um conceito, conhecendo as perguntas que foram respondidas pelo seu surgimento e as questões e os problemas que o originaram; é possível entender, ainda, a função do conceito dentro de uma dada teoria (Dias, 2001, p.226-7; Dias; Santos, 2003, p.1616). Estes são alguns dos elementos que julgamos importantes quando buscamos a aprendizagem significativa.

Segundo Villani e colaboradores (1997, p.44), para tornar algumas teorias inteligíveis para os alunos de graduação é necessário complementar e enriquecer os processos atuais de ensino, indo além dos aspectos experimentais e matemáticos. Os autores sugerem que isto pode ser feito por meio da inserção da História da Ciência nas aulas. Martins (1988) apresenta um exemplo de como o conhecimento histórico pode contribuir para o esclarecimento conceitual do fenômeno da produção de campo magnético em

torno de um fio percorrido por uma corrente elétrica. Traçaremos, neste trabalho, algumas considerações sobre como a discussão de um texto histórico, de fonte primária, em sala de aula pode auxiliar na aprendizagem significativa da Lei de Coulomb. Em nossa pesquisa, trabalhamos com os textos traduzidos para o português a partir das fontes primárias publicadas como um meio de propiciar a aquisição de subsunçores que possam subsidiar a aprendizagem significativa do conceito.

Alguns aspectos da teoria da aprendizagem significativa

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel procura revelar de que forma o ser humano aprende e como a mente humana retém os conteúdos disciplinares ministrados em sala de aula, ou em ambientes de aprendizagem semelhantes (Ausubel et al., 1980, p.98; Ausubel, 2003, p.21-2).[5] Essa aprendizagem ocorre na medida em que uma determinada ideia, ao ser aprendida, relaciona-se de forma *não arbitrária* e *não literal* a alguns conhecimentos relevantes existentes na estrutura cognitiva do aprendiz (Ausubel et al., 1980, p.34; Ausubel, 1968, p.38-9). Os conhecimentos relevantes da estrutura cognitiva, que servem de ancoradouro para a nova informação, são denominados subsunçores. No momento em que o aluno se depara com um material de aprendizagem, para assimilá-lo significativamente é necessário que ele tenha subsunçores disponíveis em sua estrutura cognitiva. Caso não haja subsunçores em que o material de aprendizagem possa se apoiar, não será possível a aprendizagem significativa. Um exemplo disso é a memorização automática de definições, conceitos ou proposições.

Por exemplo, um aluno pode aprender a Lei de Ohm, que afirma que a diferença de potencial é diretamente proporcional à

5. A referência (Ausubel, Novak & Hanesian, 1980) será apresentada neste trabalho como (Ausubel et al., 1980).

corrente elétrica em um circuito.[6] Entretanto, para que essa proposição seja aprendida significativamente, o estudante precisa ter o significado dos conceitos de *corrente elétrica*, *diferença de potencial*, *resistência elétrica* e das *relações de proporcionalidade* em sua estrutura de conhecimentos, caso contrário será possível apenas a *aprendizagem mecânica* (memorização) do conteúdo. Além disso, é preciso que o aluno esteja disposto a aprender e busque relacionar tais conceitos tal como estão expressos na Lei de Ohm (Ausubel et al., 1980, p.35).

A teoria de Ausubel ressalta a importância das *tarefas de ensino*, às quais é conferido um *potencial significativo*. Há dois fatores que determinam o potencial significativo da tarefa de ensino: i) *a natureza do assunto*, que deve ser suficientemente não arbitrário e não aleatório, permitindo, dessa forma, que o aluno estabeleça uma relação não arbitrária e não literal com informações correspondentemente relevantes localizadas no domínio da capacidade intelectual humana; ii) *a estrutura cognitiva de cada aluno*, pois a aquisição de significados se dá em cada indivíduo, por isso, não é suficiente que o conteúdo ministrado seja somente relacionável a ideias relevantes que a maioria dos seres humanos pode adquirir, é preciso que cada aprendiz tenha essas ideias relevantes em sua estrutura cognitiva (Ausubel et al., 1980, p.36-7).

É importante destacar que, no processo de aprendizagem significativa, a relação não arbitrária e não literal que ocorre entre os subsunçores e o novo conteúdo não é uma mera conexão, é algo mais "forte", sendo que tanto a nova informação quanto aquela que o aluno já possui se modificam no processo de aprendizagem (Ausubel et al., 1980, p.48; Moreira & Masini, 1982, p.13).

---

6. $V = iR$ – É importante ressaltar que essa equação define a resistência R para qualquer condutor que obedeça ou não à Lei de Ohm, entretanto, ela só pode ser chamada de Lei de Ohm quando R é constante, *i.e.*, a Lei de Ohm expressa uma proporcionalidade direta (para alguns materiais) entre diferença de potencial (V) e a corrente elétrica (i) (Young & Freedman, 2004, p.139).

A teoria ausubeliana define algumas formas de aprendizagem significativa: i) na aprendizagem *subordinativa derivativa*, o novo conteúdo *a* é ligado a uma ideia mais geral *A* da estrutura cognitiva e representa um exemplo ou extensão de *A*; nessa relação, os atributos essenciais do conceito *A* não sofrem alterações; ii) na aprendizagem *subordinativa correlativa*, o novo conteúdo *a* é ligado à ideia *A*, mas agora ele é uma extensão, modificação ou qualificação de *A*; nessa interação, os atributos essenciais do conceito subordinado *A* podem ser ampliados ou modificados; iii) na *aprendizagem superordenada*, as ideias a_1, a_2 e a_3 da estrutura cognitiva são consideradas exemplos mais específicos do novo conteúdo *A* e passam a associar-se a ele; aqui, a ideia superordenada *A* passa a ser definida por um novo conjunto de atributos essenciais que abrange as ideias subordinativas; iv) na *aprendizagem combinatória*, o novo conteúdo *A* é relacionável às ideias existentes *B*, *C* e *D*, mas não é nem mais abrangente, nem mais específico do que elas; aqui, o novo conteúdo *A* tem alguns atributos essenciais em comum com as ideias preexistentes. (Ausubel et al., 1980, p.57; Ausubel, 2003, p.111). O resultado da interação entre o novo conteúdo potencialmente significativo e uma ideia presente na estrutura cognitiva é denominado *assimilação*, o que origina uma estrutura mais diferenciada, sendo que boa parte da aprendizagem significativa é fundamentalmente a assimilação dos novos conteúdos (Ausubel et al., 1980, p.57-8).

Uma vez que a presença de subsunçores na estrutura cognitiva é uma condição *sine qua non* para a aprendizagem significativa, a teoria de Ausubel propõe uma estratégia para facilitar essa aprendizagem. A estratégia consiste na utilização de *materiais introdutórios* adequados, claros e estáveis denominados *organizadores prévios*. Estes devem ser trabalhados com os aprendizes antes de o conteúdo de aprendizagem ser ministrado. O objetivo é fornecer subsunçores relevantes e aumentar a discriminação entre aquilo que o aluno já sabe e o conteúdo a ser aprendido. (Ausubel et al., 1980, p.143; Ausubel, 2003, p.66; Moreira & Masini, 1982, p.11). Os organizadores prévios devem ser apresentados em um nível de

abstração mais elevado, de maior generalidade e inclusão do que o material a ser aprendido (Ausubel et al., 1980, p.143; Ausubel, 2003, p.66).

Com isso, a principal função dos organizadores prévios é superar o limite entre o que o aluno já sabe e aquilo que ele deverá aprender – são úteis na medida em que funcionam como *pontes cognitivas*. Eles "permitem prover uma moldura ideacional para incorporação e retenção do material mais detalhado e diferenciado que se segue na aprendizagem" (Moreira, 1999, p.155; Moreira & Masini, 1982, p.12).

Sendo assim, entendemos que textos históricos podem ser utilizados para fornecer, aos aprendizes, conhecimentos relevantes que subsidiem a aprendizagem significativa dos conceitos. Neste trabalho, apresentamos uma proposta de discussão de traduções das *fontes primárias* em sala de aula, que foi feita com base em algumas características dos organizadores prévios. Entretanto, nossa proposta não é um organizador prévio legítimo, pois não possui todos os seus elementos e características essenciais. Discutimos textos históricos em sala de aula, com licenciandos em Física, antes de o conteúdo específico ser ministrado pelo professor da disciplina, buscando *fornecer* subsunçores para a posterior aprendizagem significativa. Intentamos que os alunos adquirissem tanto conhecimentos mais gerais quanto conhecimentos mais diferenciados do que o conteúdo específico a ser ministrado posteriormente. O objetivo deste trabalho é verificar se houve a aquisição de subsunçores, pelos aprendizes, para a aprendizagem da Lei de Coulomb.

Metodologia

Em função dos limites de espaço do presente artigo, apresentaremos a discussão de parte dos dados coletados para o trabalho. Esta pesquisa é de natureza qualitativa. A coleta de dados foi realizada em duas etapas. Na primeira, feita no primeiro dia de aula do semestre, foi aplicado um questionário com o objetivo de identi-

ficar os conhecimentos prévios e os subsunçores dos alunos sobre alguns aspectos do conteúdo de eletrostática. Na segunda, realizada alguns dias depois da discussão da "Primeira memória" de Coulomb (Coulomb, 1785a), foi aplicado um questionário com o objetivo de identificar os conhecimentos adquiridos pelos alunos sobre o conteúdo histórico discutido. Essas etapas ocorreram no mês de março de 2008.

O texto de Coulomb foi discutido na íntegra com os graduandos. A tradução foi feita pelos autores deste trabalho a partir do texto original em francês. Para trabalhar o texto em sala de aula foi solicitado a alguns alunos que fizessem a leitura dele em voz alta, de forma que cada aluno lesse um parágrafo. Então, a cada parágrafo era feita uma discussão sobre aquilo que estava sendo lido. Os pesquisadores procuravam sempre fazer perguntas aos alunos de forma que por meio das respostas se estabelecesse uma discussão sobre o texto. Quando necessário, os pesquisadores procuravam explicitar e detalhar melhor o seu conteúdo. Para facilitar o entendimento do aparato e do procedimento experimental utilizado por Coulomb, a figura da balança de torção foi projetada utilizando-se um projetor multimídia. Com isso, a leitura e a discussão do texto foram feitas apoiadas na figura (ver Figura 1, mais adiante). É importante destacar que entender o aparato e o procedimento experimental presentes no texto é uma tarefa bastante laboriosa.

Os dados – respostas dos graduandos – foram categorizados e apresentados em tabelas e gráficos na seção "Dados" deste artigo. Os questionários constituíam-se apenas de questões abertas. O tratamento e a análise dos dados foram feitos com base em *Análise de conteúdo* (Bardin, 1977). Segundo Bardin (1977, p.42), a análise de conteúdo pode ser definida como um conjunto de técnicas de análise das comunicações que visa obter, por meio de procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição de conteúdo (*e.g.*, textos), indicadores (quantitativos ou não) que permitam inferir conhecimentos relativos às condições de produção/recepção dos textos – que neste trabalho provêm das questões analisadas. A análise dos dados é o processo que busca a organização e transcrição dos mate-

riais acumulados na pesquisa (*e.g.*, questionários), com o objetivo de aumentar a compreensão desses materiais e permitir sua divulgação. Nessa etapa, trabalha-se com os dados, buscando sua organização, a divisão em atividades manipuláveis, a síntese, a procura de padrões, a descoberta dos aspectos importantes e o que deve ser divulgado (Bogdan & Biklen, 1994, p.205).

Dados

Para este trabalho, utilizaremos apenas duas questões do questionário aplicado na primeira etapa e uma questão do questionário aplicado na segunda etapa, tendo em vista o espaço disponível. Os resultados obtidos com essas três questões são apresentados nas tabelas 1 e 2 e nos gráficos 1 e 2, nos quais são indicadas as categorias e as porcentagens de graduandos que as expressaram em suas respostas. É importante destacar que a soma das porcentagens expostas nas tabelas e nos gráficos pode passar de 100% porque há respostas que contêm mais de uma categoria. Também vale observar que na Tabela 1 consta a categoria *não atingiu o objetivo*. Nessa categoria enquadram-se respostas em que não foi possível estabelecer uma relação entre a manifestação do aluno e o assunto investigado, por exemplo, respostas que estavam fora do assunto perguntado ou muito genéricas.

Etapa 1 – Levantamento dos conhecimentos prévios dos alunos

Esta etapa foi realizada no primeiro dia de aula, antes de o professor da disciplina Física Geral III iniciar suas aulas. Esse questionário tinha 19 questões que versavam sobre os temas carga elétrica, eletrização, *Lei de Coulomb*, campo elétrico e Lei Gauss. As 19 questões eram *conceituais*, não fazendo solicitações de natureza explicitamente quantitativa. O questionário foi respondido por 33 graduandos. Apresentamos aqui duas questões, as quais buscavam

aferir os conhecimentos prévios dos alunos referentes à Lei de Coulomb.

Questão 1: Sejam duas cargas q e Q ambas positivas, $Q > q$, situadas em dois pontos A e B separados por uma distância r. A força que a carga q exerce sobre Q é maior, menor ou igual à força de Q sobre q? Justifique sua resposta.[7]

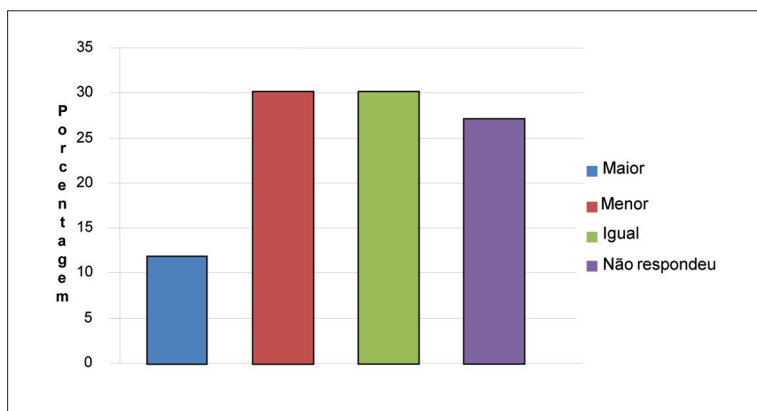
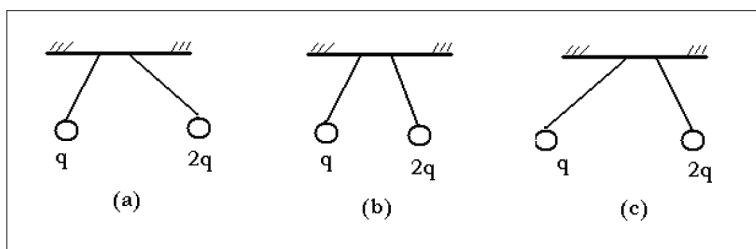



Gráfico 1 – Respostas à Questão 1

O Gráfico 1 mostra que aproximadamente 42% dos alunos (*categorias maior e menor*) entendiam que uma carga exerce força diferente sobre a outra. Aproximadamente 27% dos alunos não responderam à questão. Cerca de 30% dos alunos responderam corretamente à pergunta, no entanto, apenas dois deles justificaram suas respostas, e as justificativas não se referiam à Lei de Coulomb. Ambos justificaram dizendo que as forças formam *"um par de ação e reação"*, tal como expressa o aluno A17: *"A força é igual, por ser um par de ação e reação"*.[8] Essa questão nos chamou a atenção pelo

7. Questão retirada de Solbes & Martín, 1991, apud Furió & Guisasola, 1999, p.445.
8. De fato são duas forças opostas que compõem um *par de ação e reação*: "as duas forças obedecem à terceira lei de Newton; elas sempre possuem o mesmo mó-

número de graduandos que não a respondeu e pelo número pequeno de alunos que justificaram a resposta.

Questão 02: Duas bolinhas de material isolante carregadas eletricamente têm a mesma *massa (m)* e estão suspensas por um fio também isolante, uma ao lado da outra. A carga de uma bolinha é o dobro da outra. Escolha o diagrama apropriado para mostrar o deslocamento angular relativo das bolinhas. Justifique sua resposta.[9]

Diagramas da Questão 2

A Tabela 1 também mostra que a maioria dos alunos, aproximadamente 58% (categorias 1 e 3), entendia que uma carga exerce força diferente sobre a outra. O mesmo foi evidenciado pela Questão 1. Aproximadamente 42% dos alunos responderam corretamente à questão, no entanto, a maioria deles atribui a simetria *apenas* ao fato de as massas serem iguais. Cerca de 12% justificaram com o argumento de que a força de repulsão é igual, entretanto, nada mencionaram sobre a Lei de Coulomb. Para 6% dos alunos, a carga não influencia no equilíbrio.

As questões 1 e 2 mostram que, para a maioria dos alunos, a força elétrica que uma carga exerce sobre a outra é diferente. Dessa maioria, grande parte justificou a diferença das forças com base no

---

dulo e sentidos contrários, mesmo quando as cargas não são iguais" (Young & Freedman, 2004, p.7).

9. Questão retirada de (GALILI, 1995 p.442 apud FURIÓ & GUISASOLA, 1999).

fato de as cargas serem diferentes. É importante destacar que esse conteúdo faz parte dos conteúdos do terceiro ano do ensino médio, portanto, teoricamente, é um conteúdo já visto pelos sujeitos da pesquisa.

Tabela 1 – Respostas à Questão 2[10]

Respostas (Alternativas)	Justificativas	Porcentagem de alunos*
1. (a) (12%)	1.1. Quanto maior a carga maior a repulsão	6%
	1.2. Não justificou	6%
2. (b) (42%)	2.1. Massas iguais	27%
	2.2. Mesma força de repulsão	12%
	2.3. A carga não influencia no equilíbrio	6%
	2.4. Não atingiu o objetivo	6%
3. (c) (46%)	3.1. $2q$ é maior do que q	21%
	3.2. A força de $2q$ sobre q é maior	30%
	3.3. $2q$ tem maior campo eletromagnético	3%
	3.4. Força é proporcional à carga	3%
	3.5. Carga menor se locomove mais facilmente	3%
	3.6. Não justificou	3%
	3.7. Não atingiu o objetivo	6%

* Porcentagem em relação ao total de alunos (33)

10. A soma das porcentagens das categorias (*Justificativas*) pode ser maior do que a porcentagem de alunos que responderam às alternativas *a*, *b* ou *c*, porque há respostas que se enquadram em mais de uma categoria.

Etapa 2 – Levantamento dos conhecimentos adquiridos com as discussões sobre o texto histórico referente à força elétrica

A segunda etapa da coleta de dados foi realizada alguns dias após a aplicação do texto histórico. Esse questionário tinha 11 questões, das quais os alunos deveriam escolher cinco para responder. Apresentamos aqui duas dessas questões, sendo que as outras versavam sobre outros quatro textos históricos – também traduções – que foram discutidos no primeiro mês de aula. O questionário foi respondido por 33 graduandos. As duas questões foram respondidas pelos mesmos alunos, pois a escolha de uma implicava, obrigatoriamente, a escolha da outra.

Questão 3:

a) Tendo em vista a Figura 1, descreva o aparato experimental.[11]

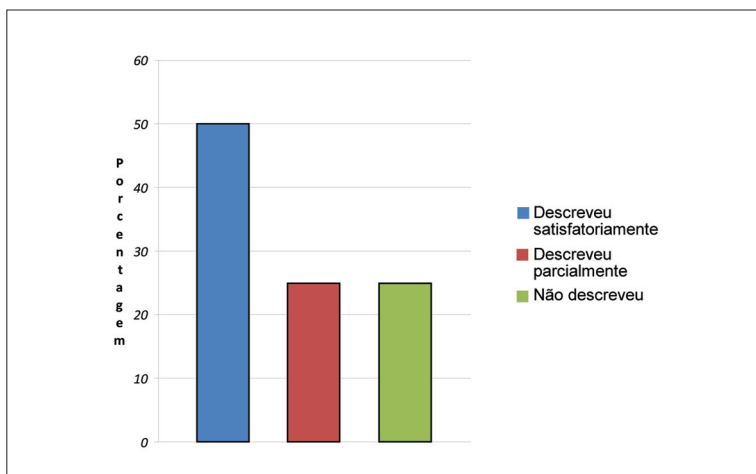



Gráfico 2 – Respostas à Questão 3a [12]

11. A Figura 1 é a balança elétrica utilizada por Coulomb em seus experimentos sobre força elétrica (Coulomb, 1785a).
12. Dos 33 graduandos, 12 optaram por responder esta questão.

Solicitamos que os alunos descrevessem o aparato experimental porque isso nos auxilia a entender as respostas à questão seguinte. Metade dos alunos que respondeu a essa questão descreveu satisfatoriamente o aparato, 25% descreveram parcialmente, e outros 25% não descreveram.

b) Descreva o procedimento experimental que Charles Augustin Coulomb utilizou para realizar medidas e propor a lei de força elétrica. Qual a lei proposta por Coulomb?

Tabela 2 – Respostas à Questão 3b

Descrição do procedimento experimental	Porcentagem de alunos
1. Descreveu satisfatoriamente	67%
2. Descreveu parcialmente	25%
3. Não descreveu	8%
Sobre a lei proposta	
4. Expressou corretamente	83%
5. Expressou de forma equivocada	8%
6. Não respondeu	8%

A maioria dos alunos (67%) descreveu o procedimento experimental corretamente. Consideramos como descrição satisfatória, ou correta, aquela que mencionava efetivamente o procedimento experimental descrito por Coulomb.[13] Já 25% descreveram de forma parcial, isto é, não mencionaram algum elemento importante do procedimento descrito no texto lido. Aproximadamente 8,3% não responderam. Quase 84% dos alunos expressaram de forma correta a lei proposta por Coulomb na sua "Primeira memória".

13. A descrição do procedimento pode ser vista no texto do Coulomb (Coulomb, 1785a).

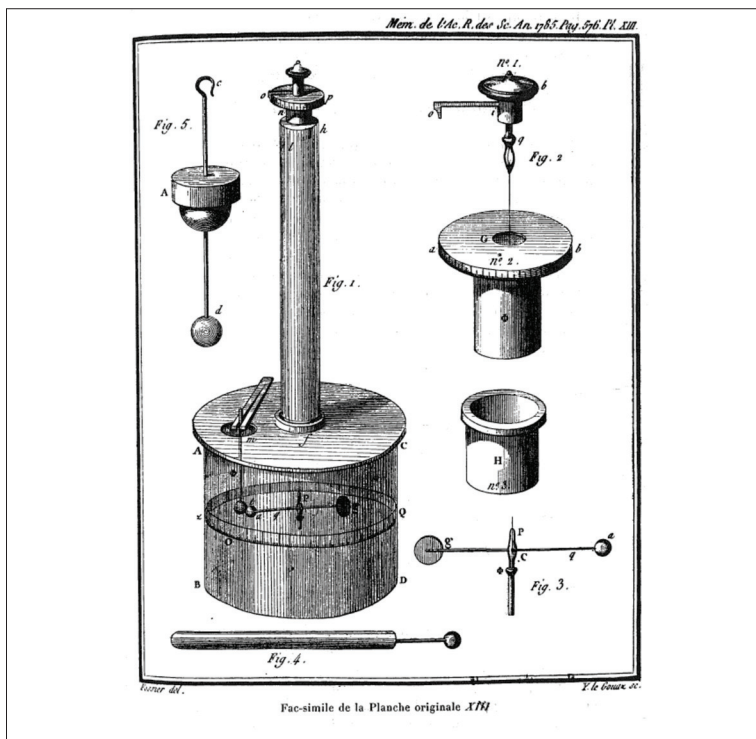



Figura 1 – Balança elétrica utilizada por Coulomb. Extraída de Coulomb, 1785a

Discussões e conclusões

Antes de iniciar as discussões sobre os dados é importante destacar alguns pontos do empreendimento de Coulomb e do nosso trabalho com esse tema. Coulomb discute o tema *força elétrica* nas suas duas primeiras memórias – na "Primeira memória" inteira e no início da "Segunda memória" (Coulomb, 1785a, 1785b). É importante ressaltar que, na "Primeira memória", Coulomb utiliza uma balança elétrica para estudar a interação entre dois corpos esféricos carregados eletricamente. Nessa memória, ele discute apenas a interação repulsiva dos corpos, e conclui somente que a força de

interação elétrica entre duas esferas eletricamente carregadas, com eletricidades de mesma natureza, é proporcional ao inverso do quadrado da distância entre elas. Na "Segunda memória", Coulomb estuda a interação atrativa entre dois corpos carregados, com eletricidades de naturezas distintas. Mas para isso ele utiliza um pêndulo de torção, tendo em vista a dificuldade de realizar tal experimento com uma balança de torção. Apenas no segundo trabalho Coulomb sugere que a força elétrica é proporcional ao produto da *massa elétrica* de cada esfera. Note que não se falava em carga elétrica, mas em massa elétrica.

Em nossa pesquisa, aplicamos apenas a tradução do primeiro texto de Coulomb. No entanto, antes e após o estudo e a discussão dessa tradução de fonte primária foram trabalhados alguns textos de fonte secundária com os graduandos. Inicialmente, discutimos trabalhos anteriores a Coulomb, *e.g.*, de Joseph Priestley e Henry Cavendish. Em seguida, discutimos a tradução. Posteriormente, discutimos alguns trabalhos que questionam o fato de Coulomb ter concluído que a força é *inversamente proporcional ao quadrado da distância* com apenas três medidas. Discutimos, ainda, as tentativas de reprodução da balança de torção de Coulomb e os problemas encontrados, o conteúdo da "Segunda memória", e a possível influência da teoria de Isaac Newton sobre a proposição de que a força elétrica é proporcional ao produto das *massas elétricas*. Com isso, nosso objetivo era tentar fornecer aos licenciandos não apenas conhecimentos relevantes para poder aprender significativamente a Lei de Coulomb, mas também apresentar uma visão mais ampla sobre as discussões que cercam a proposição dessa lei. Os limites do presente trabalho nos impedem de qualquer aprofundamento nas questões mencionadas.

Os dados referentes à avaliação de conhecimentos prévios dos graduandos mostraram que a maioria deles não tinha conhecimento sobre a lei de força elétrica, ou não conseguiu associar esse conceito às situações propostas. Podemos verificar isso por meio das questões 1 e 2 – Gráfico 1 e Tabela 1. Sendo assim, a discussão

sobre o texto traduzido de Coulomb foi realizada com o intuito de fornecer alguns conhecimentos relevantes aos alunos, tendo em vista a posterior aprendizagem significativa do conceito. A "Primeira memória" apresenta a forma como Coulomb construiu a balança de torção e como a utilizou para concluir que a força elétrica é inversamente proporcional ao quadrado da distância entre dois corpos eletrizados.

A discussão do texto permite entender o processo pelo qual Coulomb chegou à proposição de que a força elétrica é proporcional ao inverso do quadrado da distância, evidenciando como se deu a enunciação desse conceito. Entendemos que tais elementos são importantes para que o aluno possa compreender o conceito de força elétrica e superar a aquisição mecânica da expressão matemática que a representa. Nossos dados mostram (Tabela 2) que aproximadamente 67% dos graduandos descreveram o procedimento experimental de Coulomb corretamente, e que 25% o descreveram de forma parcial. Mostram, ainda, que metade dos alunos descreveu satisfatoriamente o aparato experimental, e que 25% o descreveram parcialmente (Gráfico 2). Esses dados evidenciam que a maioria dos graduandos que optou por responder a essa pergunta adquiriu elementos importantes sobre o processo de proposição da lei de força elétrica. Assim, passam a ter conhecimentos que podem subsidiar a aprendizagem significativa do conceito.

Segundo Villani e colaboradores (1997, p.44), a discussão e compreensão do processo de proposição dos conceitos e teorias enriquecem o ensino, pois vão além dos aspectos experimentais e matemáticos. A História da Ciência pode promover uma melhor compreensão e contribuir para a aprendizagem dos conceitos científicos. Esse argumento baseia-se na convicção de que um entendimento bem fundamentado é necessariamente histórico, que a melhor forma de se entender um conceito é por meio de sua construção histórica (Matthews, 1994, p.50-1). Portanto, entender o processo de elaboração de um conceito é importante para a sua compreensão.

O Gráfico 1 e a Tabela 1 mostram que, inicialmente, a maioria dos graduandos entendia que uma carga exerce força diferente sobre a outra na interação entre elas. Esta é uma informação importante, pois tal ideia prévia pode, posteriormente, comprometer o entendimento correto do conceito. Por isso, durante a discussão do texto histórico procuramos chamar a atenção dos alunos para o fato de que Coulomb não estava aferindo duas forças elétricas de valores diferentes. Ele estava aferindo uma única força elétrica, que ocorre devido à interação entre as duas esferas carregadas, e que a força que uma esfera exerce na outra tem o mesmo módulo, e o que as diferencia é o sentido. As respostas dos alunos à Questão 3 mostram que, após a discussão do texto, ao se referirem à força elétrica, nenhum deles mencionou a existência de forças diferentes, como alguns fizeram anteriormente. Assim, os alunos adquiriram uma importante característica da força elétrica, a qual posteriormente poderá servir como subsunçor para a aprendizagem do conceito, no momento da sua formalização. É importante destacar que a maioria dos alunos que respondeu à questão sobre o texto de Coulomb havia mencionado a existência de duas forças distintas ao responder ao questionário de conhecimentos prévios.

Os dados mostram, também, que quase 84% dos alunos expressaram a lei proposta por Coulomb, na sua "Primeira memória", de forma correta. Desse modo, podemos deduzir que esses aprendizes adquiriram subsunçores que podem subsidiar a aprendizagem significativa da lei de força elétrica. Adquiriram uma importante característica da interação entre cargas elétricas, isto é, que a força elétrica é proporcional ao inverso da distância entre as cargas ao quadrado. Esta é uma ideia mais geral, que pode ser diferenciada dando origem à aprendizagem significativa subordinativa correlativa. A partir dessa ideia e do conceito de proporcionalidade, é possível chegar à forma como a lei de força elétrica é enunciada atualmente, uma vez que Coulomb não a propôs como uma igualdade. Portanto, a ideia mais geral seria diferenciada em termos de outras ideias, que são extensão, modificação e qualificação dela. Assim, ampliam-se os atributos essenciais do conceito.

Ao descrever corretamente o aparato e o procedimento experimental, os alunos demonstraram ter adquirido outras ideias importantes que podem subsidiar a aprendizagem significativa, no momento da formalização do conceito. Afinal, o texto histórico foi discutido antes de o professor ministrar o conteúdo. Por exemplo, adquiriram a ideia de que quando duas esferas condutoras, uma carregada e outra neutra, se encostam, a eletricidade se distribui entre elas. Este é um conhecimento mais geral e inclusivo, que pode ser diferenciado, dando origem à aprendizagem significativa subordinativa correlativa. Neste caso, há um conteúdo subsequente mais diferenciado: especificar quais são os entes carregados que passam de uma partícula para outra, bem como o papel fundamental da lei de conservação da carga nesse processo. É possível ocorrer a aprendizagem significativa subordinativa correlativa porque o conteúdo ministrado posteriormente à ideia mais geral é extensão, modificação e qualificação dos conhecimentos adquiridos com o texto histórico.

Neste trabalho, verificamos que os sujeitos da pesquisa adquiriram alguns subsunçores com as discussões do texto histórico em sala de aula, o que pode, posteriormente, subsidiar a aprendizagem significativa do conceito de força elétrica. Ressaltamos que a *disponibilidade de conteúdo relevante* (subsunçores) na estrutura de conhecimento de um aprendiz é uma variável decisiva para a aprendizagem significativa.

Referências bibliográficas

AUSUBEL, D. P. *Educational Psychology*: a cognitive view. Nova York: Holt, Rinehart and Winston, INC., 1968.

_____. *Aquisição e retenção de conhecimentos*: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Paralelo, 2003.

_____, NOVAK, J. D., HANESIAN, H. *Psicologia educacional*. 2.ed. Rio de Janeiro: Interamericana, 1980.

BARDIN, L. *Análise de conteúdo*. Trad. Luiz Antero Reto e Augusto Pinheiro. Lisboa: Edições 70, 1977.

BOGDAN, R., BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação*: uma introdução à teoria e aos métodos. Trad. M. J. Alvarez, S. B. Santos, T. M. Baptista. Porto: Porto Editora, 1994.

BOSS, S. L. B. *Ensino de eletrostática*: a História da Ciência contribuindo para a aquisição de subsunçores. Bauru, 2009. 136 f. Dissertação (mestrado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

_____, SOUZA FILHO, M. P., CALUZI, J. J. História da Ciência e aprendizagem significativa: o experimento de Coulomb. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Educação Em *Ciência*, VI, 2009, Florianópolis. *Anais*... Florianópolis: Abrapec, 2009.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros Curriculares Nacionais*: Ensino Médio (Parte III – Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias). Brasília: MEC, 2000.

COULOMB, C. A. Premier mémoire – Construction et usage d'une balance électrique, [...] à l'angle de torsion. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, p.569-77, 1785a.

_____. Deuxième mémoire – Ou l'on determine suivant [...] soit par attraction. *Mémoires de l'Académie Royale des Sciences*, p.116-46, 1785b.

DIAS, P. M. C. A (Im)Pertinência da História ao aprendizado da Física (um estudo de caso). *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.23, n.2, p.226-35, 2001.

_____, SANTOS, W. M. S. O passado, o presente e o cotidiano: uma tentativa de ensinar Física. In: NILSON, M. D. (Org.). *Atas do XV Simpósio Nacional de Ensino de Física*, Sociedade Brasileira de Física, 1 CD-ROM, p.1615-23, 2003.

FURIÓ, C., GUISASOLA, J. Concepciones alternativas y dificultades de aprendizaje en electrostática. Selección de cuestiones elaboradas para su detección y tratamiento. *Enseñanza de las Ciencias*, v.17, n.3, p.441-52, 1999.

MARTINS, R. A. Contribuição do conhecimento histórico ao ensino do eletromagnetismo. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.5, p.49-57, 1988. (Número especial).

MATTHEWS, M. R. *Science teaching* – the role of History and Philosophy of Science. Nova York: Routledge, 1994.

MOREIRA, M. A. *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.

______, MASINI, E. F. S. *Aprendizagem significativa:* a teoria de David Ausubel. São Paulo: Moraes, 1982.

SOUZA FILHO, M. P. *O erro em sala de aula*: subsídios para o ensino do eletromagnetismo. Bauru, 2009. 229 f. Tese (doutorado em Educação para a Ciência) – Faculdade de Ciências – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho.

VILLANI, A., BAROLLI, E., CABRAL, T. C. B., FAGUNDES, M. B., YAMAZAKI, S. C. Filosofia da Ciência, História da Ciência e Psicanálise: analogias para o Ensino de Ciências. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, v.14, n.1, p.37-55, 1997.

VANNUCCHI, A. I. *História e Filosofia da Ciência*: da teoria para a sala de aula. São Paulo, 1996. Dissertação (mestrado em Ensino de Ciências) – Instituto de Física e Faculdade de Educação, USP.

YOUNG, H. D., FREEDMAN, R. A. *Sears e Zemansky Física III*: Eletromagnetismo. 10.ed. São Paulo: Addison Wesley, 2004.

SOBRE O LIVRO

Formato: 14 x 21 cm
Mancha: 23, 7 x 42,10 paicas
Tipologia: Horley Old Style 10,5/14
2010

EQUIPE DE REALIZAÇÃO

Coordenação Geral
Tulio Kawata